NEUROEDUCACIÓN
en el aula

JESÚS C. GUILLÉN

IÓN

Profesor de posgrado, de máster y diplomatura. Creador del blog "Escuela con Cerebro". Autor y coautor de libros sobre neurociencia.

- Profesor del posgrado de neuroeducación de la Universidad de Barcelona.
- Profesor del máster de neurodidáctica de CADE en Madrid.
- Profesor de la diplomatura Neurociencias y emociones en el aprendizaje de la Universidad Nacional Villa María de Argentina,
- Creador del blog sobre neuroeducación "Escuela con Cerebro".
- Autor del libro "Neuroeducación en el aula. De la teoría a la práctica".
- Coautor de "Neuromitos en educación. El aprendizaje desde la neurociencia".
- Colaborador en la revista Cuadernos de Pedagogía de la que es miembro del Consejo Asesor.

GUILLÉN

NEUROEDUCACIÓN EN EL AULA

NEUROEDUCACIÓN
en el aula

De la teoría a la práctica

JESÚS C. GUILLÉN

ÍNDICE

Prólogo, de Fabricio Ballarini 7
Introducción 9
1. Se acabaron las etiquetas 13
2. La letra con sangre no entra 35
3. Mamá, no es que tenga déficit de atención, ¡es que no me interesa! 62
4. Aprendo a estudiar y estudio para aprender 79
5. Cuerpo sano, mente sana 100
6. Juego, me divierto y aprendo 124
7. Me llueven las ideas 145
8. Nos necesitamos 163
9. Una escuela con cerebro Conclusiones 181
Referencias bibliográficas 208

Prólogo

Nuestro cerebro ama las sorpresas. Las ama cuando somos pequeños y nuestros padres se esconden y aparecen una y otra y otra y otra vez. Las ama cuando, aunque hayan pasado muchos años, recordamos nuestroprimer beso. Las ama cuando luego de ver a nuestra banda favorita por décima vez decidimos sacar una entrada para volverla a disfrutar. Así es, nuestro cerebro ama la sorpresa. Podríamos decir, lejos del rigor de la terminología científica, que la busca, que la desea, que la sueña. Que añora nostálgicamente aquellos momentos en los cuales todo era nuevo. Pero cualquiera de vosotros podrá decirme con justa razón: «¿Cómo hago para sorprenderme si ya no soy un niño, si he dado muchos besos (quizás menos de lo que habría querido), si mi banda favorita siempre toca los mismos temas? Ya nada me sorprende».

Mi única y escueta respuesta apunta a este libro que ha escrito con tanta pasión nuestro estimado Jesús. Porque aquí encontraréis no solamente motivos de ciencia ficción sobre el cerebro, sino que podréis entender cómo se gestan las increíbles funciones que hacen que existáis, y que lo hagáis como una máquina perfecta que crea la realidad. El cerebro pide sorpresas, y las sorpresas están aquí.

¿Cómo no sorprenderse al leer sobre la inmensa cantidad de neuronas, las miles de si- napsis, las decenas de regiones cerebrales y sus funciones? ¿Cómo no volver a nuestra infancia y quedar con los ojos abiertos al comprender que cada pensamiento, que cada mirada, que cada frase liberada al viento está relacionada con un tendido eléctrico cerebral? ¿Cómo hacer para mantenerse al margen de tal avance científico sin intentar ligarlo a toda nuestra conducta?

El libro que tenéis en las manos es, de alguna forma, una arma de seducción masiva para nuestras neuronas, que quedarán fascinadas y deseosas de nuevas sorpresas, de más ciencia. Es, por encima de todo, un libro absolutamente necesario para afrontar el futuro, para repensar lo que durante mucho tiempo hipotetizamos, para proyectar nuevas estrategias de trabajo.

O quizás, si no tenéis ganas de modificar toda vuestra vida sobre la base de las evidencias científicas, este es un libro para saber, para saber por saber.

Respirad profundamente y sumergios en un universo fascinante. Bienvenidos a vuestro cerebro.

FABRICIO BALL ARINI
Neurocientífico y divulgador científico

Introducción

«Es muy importante comprender las bases neurobiológicas del aprendizaje para no cometer errores en las reformas de nuestro sistema educativo».

MANFRED SPITZER

En los últimos años se ha producido un enorme desarrollo de las tecnologías de visualización cerebral. Mediante técnicas no invasivas, como la resonancia magnética funcional, podemos analizar el funcionamiento del cerebro mientras leemos, calculamos, memorizamos, jugamos, creamos, cooperamos..., todas ellas tareas que se realizan con frecuencia en la escuela. Conocer esta información suministrada por la neurociencia sobre el órgano responsable del aprendizaje es relevante en educación, por supuesto, pero lo es aún más cuando se combina con los conocimientos que proporcionan la psicología cognitiva o la pedagogía (ver figura 1), básicamente, aunque no hay que descartar la aportación de otras disciplinas. Este enfoque integrador y transdisciplinar cuyo objetivo es mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje a partir de los conocimientos científicos alrededor del funcionamiento del cerebro es lo que constituye la neuroeducación. En el fondo, este nuevo paradigma educativo consiste en acercar la ciencia al aula para que los profesores sepamos realmente qué intervenciones inciden positivamente en el aprendizaje del alumnado y cuáles son las causas por las que lo hacen, a fin de que se puedan poner en práctica en distintos contextos educativos. Ello requiere un análisis crítico de lo que se hace en el aula y la necesaria flexibilidad para cambiar nuestras prácticas educativas — en el que caso de que no funcionen—, de modo que hemos de alejamos de la autocomplacencia y del inmovilismo asociado al «nosotros siempre lo hemos hecho así». Cuando el aula se convierte en un «laboratorio» y los profesores pasan a ser investigadores de sus prácticas educativas, es más fácil mejorar y actualizar el currículo y las metodologías utilizadas, adaptarlos a las necesidades reales de los alumnos y hacer de este proceso algo mucho más atractivo y motivador.

Neurocientíficos reconocidos como Stanislas Dehaene, Sarah-Jayne Blakemore, Daniel Ansari, Paul Howard-Jones y mu-

chos otros coinciden con la gran mayoría de docentes al considerar que el conocimiento sobre el cerebro es muy importante en la planificación educativa. Sin embargo, en los tiempos actuales en que todo lo «neuro» está tan de moda —neuroeducación, neuromarketing, neuroarquitec- tura, neurocultura, etc.—, es muy común interpretar de forma parcial o inadecuada gran parte de los descubrimientos científicos, lo cual explica el origen de los llamados *neuromitos,* que están muy arraigados en educación.

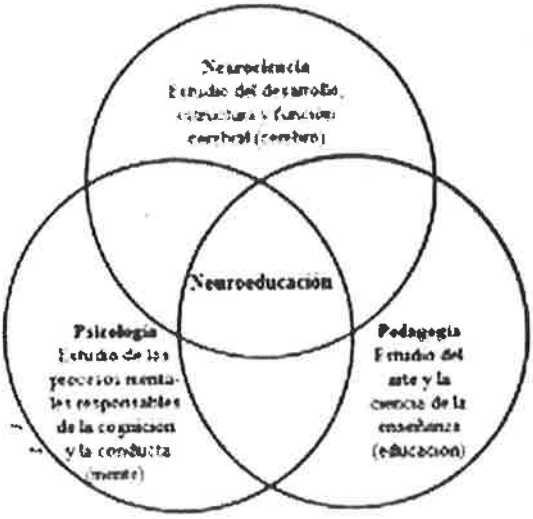

Figura 1. La neuroeducación: un enfoque integrador

Un estudio reciente publicado en la prestigiosa revista *Nature Reviews Neuroscience* en el que se consultó a 932 profesores de distintos países reveló, a pesar de la falta de evidencias empíricas sólidas, que el 49 % de ellos creían que usamos solo el 10 % de nuestro cerebro; el 96 %, que aprendemos mejor cuando recibimos la información en nuestro estilo de aprendizaje favorito —visual, auditivo o cines- tésico—; el 77 %, que ejercicios como los que propone el programa Brain Gym mejoran la integración de información entre los dos hemisferios cerebrales, y el 80 %, que podemos clasificar a los alumnos según su dominancia cerebral, sea del hemisferio izquierdo o del derecho (Howard-Jones, 2014a). Todo ello recomienda una interpretación cautelosa de las investigaciones científicas.

La finalidad de este libro es compartir contigo, que estás leyendo estas páginas, algunas de las evidencias empíricas más significativas que apoyan una auténtica enseñanza basada en el cerebro, la cual, qué duda cabe, es aquella que mejora lo verdaderamente importante: el aprendizaje del alumno. A pesar de que muchas de las estrategias propuestas se analizan en el entorno particular del aula, pueden generalizarse y adaptarse a otros muchos contextos educativos. Porque la educación no se restringe a la escuela, y porque el concepto de *aula* como espacio de aprendizaje obliga a una comprensión más amplia en los tiempos actuales. Además de identificar algunos de los avances más significativos que proceden de las ciencias cognitivas, analizaremos muchas implicaciones educativas que son muy fáciles de poner en práctica y que pueden adaptarse, en su gran mayoría, a todas las etapas educativas. Siempre desde una perspectiva abierta y crítica que nos invite a reflexionar y, en algunos casos, a mejorar las estrategias pedagógicas en el aula. Sin olvidar que la ciencia es una fuente inagotable de suministro de pruebas que está en continua evolución.

Tal como hemos visto en los últimos años en *Escuela con Cerebro* —blog pionero en España sobre esta temática—, en neuroeducación existen ocho factores, estrechamente relacionados entre sí, que inciden de forma crítica sobre el aprendizaje, siempre vinculado a la vida cotidiana, significativo, competencial e interdisciplinar. Dedicaremos un capítulo específico a cada uno de ellos, lo que nos permitirá reflexionar sobre una gran variedad de implicaciones pedagógicas y sobre un gran número de aplicaciones prácticas que hemos experimentado en diversas etapas educativas.

En los cuatro primeros capítulos abordaremos el desarrollo del cerebro, las emociones, la atención y la memoria. Como veremos, conocer algunas particularidades del funcionamiento de nuestro cerebro constituye un elemento motivador esencial que tiene enormes repercusiones educativas. Las emociones despiertan la curiosidad y la atención indispensables para facilitar los procesos indisolubles de memoria y aprendizaje. Y en los cuatro capítulos siguientes analizaremos esas materias y actividades —la educación física, el juego, la educación artística y la educación socioemocional— a las cuales, aun siendo esenciales para el mantenimiento de un cerebro saludable, la educación ha relegado a un papel secundario en el mundo jerarquizado de las asignaturas, tan alejado de las necesidades actuales. No es que las matemáticas,

las ciencias o la lengua dejen de ser importantes —que lo son—, sino que en el contexto neuroeducativo comparten protagonismo con otras asignaturas —¿o mejor, disciplinas?— que no marginan muchas competencias e intereses de los alumnos y que facilitan un mayor aprendizaje, más eficiente y, en definitiva, más real. De hecho, en el noveno capítulo analizaremos investigaciones relevantes que, en cierto modo, actualizan la forma de entender el proceso de aprendizaje inicial de la lectura o de la aritmética y que lo vuelven más natural. Y junto con ellas, nos detendremos en otras evidencias que acercan la escuela a la sociedad y que la hacen más justa, puesto que atienden las necesidades de todos los niños y adolescentes, sin excepción.

La neuroeducación constituye una nueva mirada, flexible, positiva, optimista, porque está en consonancia con diversas metodologías de aprendizaje activo y porque fomenta el desarrollo de competencias para la vida; o, mejor dicho, es la propia vida. Esto se debe a que nuestro cerebro plástico, el cual está reorganizándose continuamente en los niveles estructural y funcional, posibilita que todo en la vida sea aprendizaje. Una vida en la que los humanos, como seres sociales que somos, podemos y debemos compartir, cooperar y crear para perfeccionar el mundo real. Y ello va más allá de los resultados académicos y de la formación de buenos profesionales. Desde esta perspectiva integral, lo que realmente queremos es educar buenas personas y lograr que sean capaces de cambiar y mejorar la realidad cotidiana en la que se desenvuelven, con lo cual alcancen la felicidad.

Asumimos la responsabilidad de contribuir a la mejora educativa y social y te invitamos a que participes, porque sabemos que entre todos podemos intervenir en el proceso. Nuestros cerebros agradecen este tipo de retos.

1.

Se acabaron las etiquetas

«Es preciso sacudir enérgicamente el bosque de las neuronas cerebrales adormecidas; es menester hacerlas vibrar con la emoción de lo nuevo e infundirles nobles y elevadas inquietudes».

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

Daniel es grande. Grande en cuerpo y en corazón. Afable, noble, generoso, agradecido, solidario, optimista y mucho más. Sus padres murieron cuando él era todavía adolescente y tuvo que encargarse del cuidado de su abuelo enfermo, que también falleció poco después. No dejó los estudios, a pesar de escuchar en numerosas ocasiones que sus malos resultados académicos se debían a la falta de esfuerzo y que su actitud pasiva, negativa, solitaria y desinteresada presagiaba un futuro sin esperanza. Sin embargo, según el propio Daniel, un día cambió todo. Un simple encuentro con un profesor considerado estrafalario, que le escuchó y le tendió la mano, transformó su mirada hacia la vida. De forma paulatina, optimizando sus fortalezas, fue convirtiendo la desidia de antaño en determinación, le fue empujando del «no valgo para nada» a «soy importante». En la actualidad, Daniel es un joven feliz que ejerce su profesión sanitaria y que juega a su deporte favorito, el rugby. Todo ello rodeado de mucha gente.

1.1 Breve recorrido por el cerebro

Aunque no es necesario ser un experto en neurología —ni tener un nivel alto de conocimientos especializados— para entender las implicaciones educativas de los descubrimientos en neurociencia, sí que puede ser útil tener unas nociones básicas sobre algunas de las regiones cerebrales y sobre sus procesos neurobiológicos asociados que originan los pensamientos, conforman la personalidad y, en definitiva, permiten el aprendizaje.

El cerebro humano es un órgano complejo de solo 1,4 kg de peso, como promedio, que trabaja las veinticuatro horas del día. A pesar de que solo constituye un ínfimo porcentaje del peso corpo-

ral (el 2 %, aproximadamente), su complejidad y su trabajo incesante le hacen consumir, como mínimo, el 20 % de las necesidades energéticas corporales (Magistretti y Allaman, 2015). Contiene unos 86 000 millones de neuronas (Herculano-Houzel, 2012), células nerviosas que se comunican entre ellas a través de un axón que transmite la información en forma de impulsos nerviosos, la cual es recibida por las dendritas. Como cada neurona puede establecer unas 10 000 conexiones —las llamadas *sinapsis*— con otras neuronas, el número de conexiones neuronales que pueden darse es descomunal (10^{15}), y son todas estas sinapsis las que constituyen una serie de densas redes neurales que procesan la información de forma rápida y que conforman las diferentes estructuras cerebrales que, aun trabajando de forma conjunta, tendrán unas funciones específicas. La base neurobiológica del aprendizaje reside en estas complejas comunicaciones neuronales que sabemos que se dan a través de señales eléctricas dentro de la neurona, *los potenciales de acción,* y de sustancias químicas liberadas entre las neuronas, los *neuro- transmisores,* algunos de ellos muy conocidos y con enormes repercusiones en el aula. Así, por ejemplo, niveles altos de dopamina hacen que el alumno se motive jugando; niveles altos de serotonina, que esté risueño; bajos de noradrenalina, que se distraiga, y bajos de acetilcolina, que se duerma ante una explicación tediosa.

Una buena analogía para describir el cerebro humano es la de una nuez, en donde las dos mitades casi simétricas equivaldrían a los dos hemisferios cerebrales, el izquierdo y el derecho, mientras que la cáscara correspondería a la corteza cerebral, una superficie rugosa muy desarrollada en los humanos que es, básicamente, donde se dan las funciones cognitivas como la atención, la memoria, la percepción, el lenguaje y la inteligencia.

Los dos hemisferios cerebrales están unidos por un haz de fibras nerviosas que conforman el cuerpo calloso y que reciben señales del lado opuesto del cuerpo, aunque hay alguna excepción al respecto. Si bien los estudios con pacientes con cerebro escindido a los que se les seccionó el cuerpo calloso, como se hizo en algunos casos de epilepsia, demostraron que cada hemisferio está especializado en determinadas funciones y que procesa la información de forma diferente —el izquierdo, de forma más secuen- cial y el derecho, más holística—, existe una continua interacción entre ellos. Cualquier tarea recluta muchas redes neurales comunicadas entre

sí de forma compleja, y el hecho de que los dos hemisferios cerebrales no funcionen de forma independiente impide que se pueda educar un solo hemisferio. Como han revelado las modernas técnicas de visualización cerebral, es esta continua transmisión de información a través del cuerpo calloso la que hace que regiones de ambos hemisferios se activen y trabajen conjuntamente para identificar números o en tareas relacionadas con el lenguaje, por ejemplo (Geake, 2008). Estas mismas neuroimágenes han puesto de manifiesto que la actividad cerebral es del 100 %, independientemente de que la activación de regiones concretas sea desigual al realizarse una tarea o que la energía invertida sea mayor cuando estamos aprendiéndola que cuando ya la dominamos. También han mostrado que más allá de la existencia de pequeñas diferencias estructurales entre el cerebro masculino y el femenino, lo que está claro es que no hay diferencias desde la perspectiva intelectual. Esperemos que toda esta información que proporcionan los estudios neurocientíficos nos ayude a desterrar algunos neuromitos sobre el funcionamiento cerebral que siguen muy arraigados en educación.

Cada hemisferio cerebral se divide en cuatro lóbulos: occipital, temporal, parietal y frontal (ver figura 2). Y aunque existe una intensa interacción entre ellos, podemos hablar de cierto funcionamiento diferenciado para cada uno. Así, por ejemplo, el lóbulo occipital se ocupa principalmente del procesamiento visual. El lóbulo temporal se encarga del procesamiento auditivo y contiene el hipocampo, una región que interviene en los procesos de consolidación de la memoria, y el área de Wemicke, que es exclusiva de los seres humanos y que nos permite entender el lenguaje. El lóbulo parietal es decisivo en la integración de la información sensorial o en la orientación espacial, y en él se encuentra el surco intraparietal, una región que es esencial en el desarrollo del sentido numérico innato que poseemos, en contra de lo que creía Piaget (Guillén, 2015a). Y es que con los números sucede algo parecido a la capacidad innata que poseemos los humanos para aprender a hablar, porque los bebés de pocos meses de edad ya son capaces de diferenciar operaciones aritméticas básicas. Otro descubrimiento más que refuta el mito de la *tabula rasa* y que confirma que nacemos con unas facultades heredadas que nos permiten aprender más y mejor. Finalmente, llegamos al lóbulo frontal, que es el que despierta mayor interés educativo, porque interviene en las fun-

ciones motoras y ejecutivas.

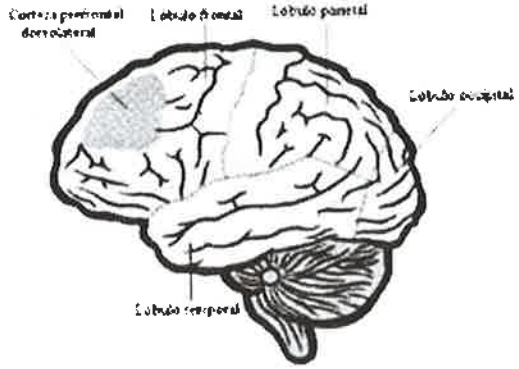

Figura 2. Los cuatro lóbulos de cada hemisferio cerebral (Adaptación de Howard-Jones, 2014b)

1.2 El lóbulo frontal: el director ejecutivo del cerebro

El lóbulo frontal, en concreto, la corteza prefrontal, que es su parte anterior, es el encargado de realizar las funciones cognitivas más complejas que nos caracterizan a los seres humanos y que nos definen como seres sociales: las funciones ejecutivas. Estas habilidades, relacionadas con la gestión de las emociones, la atención y la memoria, nos permiten el control cognitivo y conductual necesario para planificar y tomar decisiones adecuadas. Una especie de sistema rector que coordina las acciones y que facilita la realización eficiente de las tareas, sobre todo cuando son novedosas o presentan una mayor complejidad. Estas funciones tan importantes para la vida cotidiana están vinculadas al proceso madurativo de la corteza prefrontal y resultan imprescindibles para el éxito académico y el bienestar personal del alumno (Diamond, 2013). Las funciones ejecutivas que la gran mayoría de investigadores considera como básicas son el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, las cuales permiten desarrollar otras funciones complejas como el razonamiento, la resolución de problemas y la planificación. En la práctica, estas funciones ejecutivas básicas están directamente relacionadas. Por ejemplo, si un niño tiene que esperar su tumo para participar en una actividad colectiva, como puede ocurrir durante una representación teatral o en un juego, ha de saber cuándo debe intervenir y cuándo dejar

de hacerlo para que lo haga otro compañero (control inhibitorio). Cuando tenga que intervenir de nuevo, deberá recordar lo que debe hacer (memoria de trabajo), y si algún compañero hace algo impredecible, el pequeño tendrá que ser capaz de ajustar lo que hará seguidamente (flexibilidad cognitiva).

Existen diferentes formas de entrenar directamente las funciones ejecutivas que iremos analizando a lo largo del libro, como puede ser a través de programas informáticos, de ejercicio físico, de educación emocional o promoviendo el bilingüismo en la infancia. Sin embargo, Adele Diamond, una de las pioneras en el campo de la neurociencia del desarrollo, sugiere que las intervenciones más beneficiosas son aquellas que trabajan las funciones ejecutivas de forma indirecta, incidiendo en lo que las perjudica —como el estrés, la soledad o una mala salud— y provocando mayor felicidad, vitalidad física y un sentido de pertenencia al grupo (Diamond y Ling, 2016). ¿Y cuáles son estas estrategias? Pues todas aquellas que están en consonancia con lo que proponemos desde la neuroeducación. Si para un buen funcionamiento ejecutivo lo más importante es fomentar el bienestar emocional, social o físico, el aprendizaje del niño tiene que estar vinculado al movimiento, el entretenimiento, las artes o la cooperación. O si se quiere, nada mejor para facilitar un aprendizaje eficiente y real que promover la educación física, el juego, la educación artística y la educación socioemocional. Seguramente, el entrenamiento puramente cognitivo no es la forma idónea de mejorar la cognición. El éxito académico y personal requiere atender las necesidades sociales, emocionales y físicas de los niños.

Pero el cerebro, a parte de la corteza que recubre los lóbulos, contiene también otras estructuras subcorticales que son muy importantes para el aprendizaje y que están fuertemente conectadas con el lóbulo frontal. Entre ellas, el hipocampo, del que hablábamos anteriormente, que permite al alumno registrar inicialmente la información novedosa para su aprendizaje; la amígdala, que es crucial en las respuestas emocionales y que se activa sobremanera cuando, por ejemplo, el alumno está estresado por la dificultad que entraña obtener la calificación que necesita para cursar los estudios universitarios a que aspira, o el tálamo, una especie de estación repetidora a la que llegan los *inputs* sensoriales y que los transmite a la corteza sensorial para su procesamiento. Todas estas estructuras pertenecen a lo que se conoce como *sistema*

límbico, considerado a menudo como el responsable de nuestras conductas emocionales. Con todo, no es un sistema funcional separado, sino que sus estructuras interactúan con muchas otras regiones del cerebro. Ese es el caso del llamado *circuito de recompensa cerebral*, una vía asociada a la dopamina que conecta regiones subcorticales, como el núcleo o cuerpo estriado —ahí se sitúa el núcleo *accumbens*, a donde se libera dopamina—, la amígdala o el hipocampo (ver figura 3) con la corteza prefrontal, y que veremos que es fundamental para encender la chispa del aprendizaje a través de la motivación.

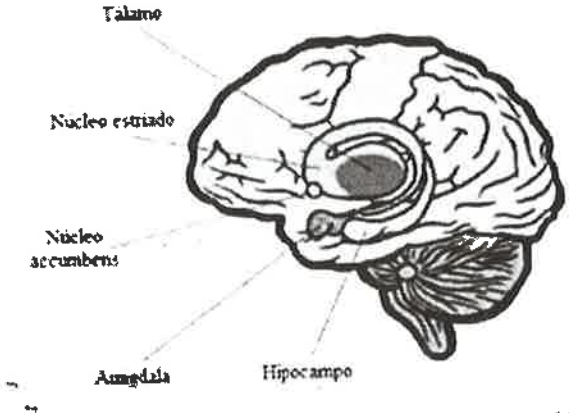

Figura 3. Algunas regiones subcorticales importantes (Adaptación de Howard-Jones, 2014b)

1.3 El cerebro en desarrollo

Hasta hace pocos años se creía que nacíamos con un número fijo de neuronas que se iba reduciendo con la edad y que, como consecuencia, perdíamos progresivamente nuestras capacidades. Sin embargo, en la actualidad existen evidencias empíricas que demuestran que podemos generar nuevas neuronas (*neurogénesis*) en ciertas regiones cerebrales, como el hipocampo, y que la mejor forma para potenciar este proceso es mediante la actividad física. Aunque la neurogénesis se ha relacionado con el aprendizaje, no es un proceso causal, es decir, el elemento fundamental por el que se da el aprendizaje es a través del cambio y del consiguiente fortalecimiento o debilitamiento de las sinapsis, y sí es cierto que el hecho de que haya más neuronas puede facilitar el proceso. Todos estos cambios neurobiológicos son el resultado de que nuestro

cerebro sea plástico a diferentes escalas y de que se esté reorganizando continuamente debido a las experiencias vitales. Esa plasticidad cerebral es la que nos permite aprender a lo largo de toda la vida, aunque haya etapas de mayor sensibilidad, como la infancia temprana o la adolescencia.

1.1.1 Los tres primeros años: del mito a la realidad

El proceso de construcción del cerebro del bebé se inicia muchas semanas antes de su nacimiento. El desarrollo específico de circuitos neuronales le permiten, a los pocos minutos de haber nacido, imitar acciones de los padres e identificar sus caras y sus movimientos faciales, lo cual manifiesta la naturaleza social que nos caracteriza a los seres humanos y que deberíamos potenciar con la educación.

Durante el primer año, en el cerebro del bebé se produce una gran reorganización neuronal, con un enorme incremento de sinapsis (*sinaptogénesis*), aunque este desarrollo no sigue el mismo ritmo en todas las regiones cerebrales. Así, por ejemplo, la sinaptogénesis en la corteza visual alcanza su pico en los ocho primeros meses, y a partir de entonces se inicia un proceso de disminución continua hasta que se alcanzan los niveles adultos, en tomo a los diez años de edad. En cambio, en la corteza prefrontal se llega al máximo en el decimoquinto mes, y luego el proceso se ralentiza mucho y los niveles adultos no se alcanzan hasta pasada la adolescencia (Tiemey y Nelson, 2009). Este proceso de formación de conexiones neuronales en la etapa posnatal va seguido de un periodo de poda sináptica que permite mantener sinapsis que se utilizan y desechar aquellas que no —en el nivel cerebral se aplica aquello de «úsalo o tíralo»— para mejorar la eficiencia neuronal. Algo parecido a lo que ocurre cuando podamos un árbol y obtenemos mejores frutas al recortar sus ramas. Esta poda programada influida por las experiencias, que también obedece a una secuencia temporal diferente para cada región, constituye una necesidad cerebral pues mejora su rendimiento energético y tiene una incidencia importante en el aprendizaje en la infancia. De hecho, se ha comprobado que alguno de los espectros autísticos está asociado a una pérdida de la poda sináptica, lo cual conlleva un exceso de conexiones neuronales que resulta muy costoso para el cerebro y que acaba por perjudicar su correcto funcionamiento (Tang *et al.*, 2014).

Así pues, cuando nace el bebé tiene lugar un proceso espectacular de crecimiento y cambio de las conexiones cerebrales que está determinado por la genética y las experiencias tempranas. En consecuencia, la pregunta que nos planteamos es si deberíamos estimular a los bebés en esta fase inicial de desarrollo brindándoles el mayor número posible de experiencias de aprendizaje para optimizar, así, su desarrollo cerebral. Parece una opción atractiva, pero al igual que ocurre con las sinapsis, más no siempre es mejor.

Es cierto que nuestro cerebro atraviesa periodos específicos en los que se puede optimizarla adquisición de capacidades, pero en neurociencia se prefiere hablar de *periodos sensibles* —en lugar de *periodos críticos*—, término con que se incide en las posibilidades que nos ofrece nuestro cerebro plástico para mejorar determinadas funciones que no se han adquirido de forma adecuada en etapas concretas.

Las mayores evidencias de la existencia de estas ventanas temporales en el desarrollo humano se encuentran en la adquisición de capacidades sensoriales y motoras, como es el caso de la vista o del lenguaje, pero no hay pruebas de que haya periodos sensibles para las capacidades académicas como, por ejemplo, el aprendizaje de las matemáticas o el de la lectura. En el caso concreto del lenguaje, se debe matizar que sí que existen periodos sensibles para el aprendizaje gramatical, pero no para el semántico. Las neuroimágenes demuestran que los niños que aprenden la lengua materna o una segunda lengua entre el primer año y los tres años de edad activan el hemisferio izquierdo del cerebro, pero cuando aprenden años más tarde una segunda lengua muestran una mayor bilateralidad (Newport *et al.*, 2001). Estas diferencias en las estrategias utilizadas por nuestro cerebro sugieren que para facilitar el aprendizaje de la segunda lengua debería comenzarse antes de los siete años (Kuhl, 2010, más o menos, y seguramente es por ello que cuando la aprendemos en la edad adulta nos es más difícil mostrar el acento característico de los nativos, independientemente de que no haya ningún tipo de restricción para el aprendizaje del vocabulario. Algo parecido también se ha comprobado en el aprendizaje de la música y varios estudios sugieren que para que se dé el desarrollo de un buen oído absoluto es recomendable comenzar la formación a una edad temprana (White *et al.*, 2013), aunque existe una base genética subyacente.

También se habla mucho del peso de los entornos enriquecidos

en el aprendizaje inicial del niño, pero ¿qué significa *enriquecimiento* en la práctica? Porque es un término que puede malinterpretarse. Lo que sí que sabemos es que los entornos con condiciones de precariedad sensorial, social y afectiva, como el de los bebés que crecieron sus dos primeros años de vida en los orfanatos de Rumania durante la dictadura de Ceausescu, perjudican el desarrollo cerebral de los niños. Con todo, también es cierto que las intervenciones tempranas en las familias de acogida en las que se les procura atención y estimulación rehabilitadoras mejoran el funcionamiento cerebral de los niños asociado a los procesos cognitivos y emocionales (Bick y Nelson, 2016). Asimismo, se ha comprobado una notable correlación entre la superficie de la corteza cerebral del niño y el nivel socioeconómico y educativo en el que se cría. Los altos niveles de estrés o la deficiente nutrición en los entornos más desfavorecidos podrían explicar las limitaciones en el desarrollo normal del cerebro infantil, especialmente en regiones que son fundamentales para el lenguaje, la memoria o el funcionamiento ejecutivo (Noble *et al.*, 2015).

Por el contrario, carecemos de evidencias empíricas que demuestren que la sobreestimulación del cerebro del niño pueda mejorar las capacidades cognitivas años más tarde; al contrario, puede proyocar un estrés excesivo dañino para el adecuado desarrollo neuronal.

En definitiva, en lo referente al aprendizaje, el *qué* y *cómo* deben prevalecer sobre el *cuándo*. Al margen de que existan estas ventanas plásticas que constituyen oportunidades para el aprendizaje, nuestro cerebro nos brinda nuevas posibilidades en todas las edades. Y más importante que enseñar «cuanto antes mejor», es hacerlo de forma apropiada siguiendo un proceso constructivista de aprendizaje que posibilite que el niño vaya adquiriendo destrezas progresivamente más complejas.

En la práctica

Educar consiste en apoyar el desarrollo cerebral del niño y su adecuado funcionamiento ejecutivo para facilitar su autonomía, aprendizaje y bienestar personal. Aunque existen patrones madurativos similares en los niños que les permiten, por ejemplo, comenzar a andar en tomo al año o a hablar alrededor de los dos años, cada persona evoluciona de una forma idiosincrática que la convierte en un ser único y diferente a los demás. O, si se quie-

re, el patrón evolutivo considerado como *normal* debe ser solo orientativo y hemos de tener en cuenta la individualidad. Porque el cerebro de cada niño y su proceso de reorganización neuronal es irrepetible. Según el neurocientífico Alvaro Pascual-Leone (2015), el verdadero reto de la vida inicial del niño —y, en definitiva, de la educación— es guiar el proceso dinámico de cambio de nuestro sistema nervioso —a través de la poda neuronal— que nos permite adaptamos al entorno y, en consecuencia, aprender. Para ello es crítico, tal como veremos cuando analicemos experimentos reveladores de la plasticidad cerebral, tener en mente las siguientes ideas:

1. *Poner esfuerzo.* Es necesario realizar tareas que requieran un esfuerzo; de ahí la importancia de suministrar retos novedosos pero con la dificultad adecuada.
2. *Pensar con cuidado antes de actuar.* Es importante hacer, pero también reflexionar sobre lo que se va a hacer. El pensamiento es una actividad cerebral que puede potenciar las conexiones neuronales, pero también debilitarlas.
3. *Descansar a tiempo.* El descanso en el momento adecuado permite consolidar el aprendizaje y recargar la capacidad de cambio del sistema nervioso.
4. *Guiar a través del ejemplo.* El aprendizaje por imitación *(neuronas-espejo;* ver capítulo 8) es básico, y el ejemplo —a través de los padres, maestros o amigos— acaba siendo un patrón definitorio de las características de la poda sináptica.
5. *La ventaja del bilingüismo.* Las diferencias entre los idiomas resultan beneficiosas, ya que mejoran la representación conceptual de nuestro sistema nervioso.

En síntesis, para que el niño desarrolle con normalidad todas sus capacidades necesita sentirse seguro y querido incondicionalmente, por lo que su buen desarrollo cerebral depende del entorno familiar. Junto a esto, la escuela infantil ha de ser un lugar acogedor y saludable que permita al niño conocerse, compartir, crear, moverse, descubrir..., en definitiva, aprender de forma tranquila y natural respondiendo a las necesidades evolutivas de desarrollo del cerebro humano, en que las relaciones sociales y el movimiento son prioritarias. Por ello, el juego, especialmente el libre y el que acontece en un entorno natural, constituye una necesidad educati-

va. Al jugar, el niño aprende de forma activa cuestiones concretas asociadas al mundo real a través de los estímulos sensoriales. Pero eso está muy alejado, en esta infancia temprana, de la utilización de fichas, bits de inteligencia o similares que hacen que el niño sea un protagonista pasivo del proceso.

1.3.2 La adolescencia: del problema a la oportunidad

Los estudios con neuroimágenes de los últimos años han revelado que durante la adolescencia se produce una gran reorganización de las redes neurales, lo cual conduce a un funcionamiento cerebral diferente del que se da en la infancia o en la vida adulta. El cerebro del adolescente no es el cerebro envejecido de un niño ni el de un adulto en proceso de formación; simplemente, opera de forma singular. Conocer el desarrollo del cerebro en esta etapa de la vida nos permitirá distinguir mejor las conductas típicas de la adolescencia de las asociadas a muchas enfermedades mentales que aparecen a estas edades, como el trastorno de ansiedad, la depresión o la esquizofrenia. Y este periodo, en el cual el cerebro es tremendamente plástico, constituye una oportunidad fantástica para el aprendizaje, el desarrollo de la creatividad y el crecimiento personal del alumno. Tanto, que algunos autores sugieren que la adolescencia podría representar un nuevo periodo sensible en el desarrollo cerebral, tras las ventanas plásticas tempranas asociadas al desarrollo sensorial, motor o lingüístico (Fuhrmann *et al.*, 2015).

Analicemos, a continuación, algunos de los cambios funcionales y estructurales que se dan en el cerebro en el periodo de transición entre el final de la infancia y el inicio de la edad adulta.

En la corteza frontal, a diferencia de lo que ocurre en otras regiones cerebrales, las sinapsis continúan proliferando durante toda la infancia, y se alcanza un máximo de la llamada *sustancia o materia gris* —cuerpos de las neuronas, dendritas y ciertos axones sin mielina— a los once años en las chicas y a los doce en los chicos, aproximadamente (Johnson *et al.*, 2009). Ya en el inicio de la adolescencia, una etapa en la que se observan grandes mejoras en las capacidades cognitivas básicas, se da una disminución gradual de la sustancia gris en la corteza prefrontal debido al proceso de poda sináptica que luego se mantiene bastante estable en el adulto. En paralelo, se produce también un incremento de la llamada *sustancia blanca* en la corteza prefrontal durante la adolescencia.

Este es el resultado de un proceso de mielinización que empieza en la infancia y se prolonga hasta la adultez con el que las neuronas, conforme van desarrollándose, crean una capa de una sustancia grasa blanca llamada *mielina* en tomo a los axones, que mejora la velocidad de transmisión de información entre las neuronas y que comporta un aumento de la conectividad entre las regiones cerebrales (Giedd *et al.*, 2015). La rápida mielinización de las neuronas en la adolescencia permite coordinar una gran diversidad de tareas cognitivas en las que intervienen diversas regiones del cerebro, para de este modo ir mejorando progresivamente su funcionamiento ejecutivo.

Sin embargo, lo más determinante para explicar la conducta adolescente no es el desarrollo tardío de las funciones ejecutivas asociado al lento proceso de maduración de la corteza prefrontal —que puede alargarse hasta pasados los veinte años—, ni los cambios drásticos que experimenta el sistema lím- bico durante la pubertad por la estimulación de las hormonas, sino el desfase temporal entre ambos procesos (Mills *et al.*, 2014; ver figura 4). La mayor sensibilidad de regiones del sistema límbico durante la adolescencia promueve la aparición de conductas evolutivamente muy arraigadas que animan al joven, por ejemplo, a explorar nuevos ambientes, asumir riesgos o alejarse del entorno familiar para entablar relaciones con iguales. Pero la capacidad de control de la corteza prefrontal dista mucho de la que será años más tarde y es esa falta de desarrollo la que explicaría la menor habilidad del adolescente para entender a los demás y para percibir esos mensajes tan relevantes en las interacciones sociales. Por ello, es indispensable no estigmatizar este tipo de conductas, dado que no constituyen signos de trastorno emocional o cognitivo, sino que se deben al propio desarrollo cerebral.

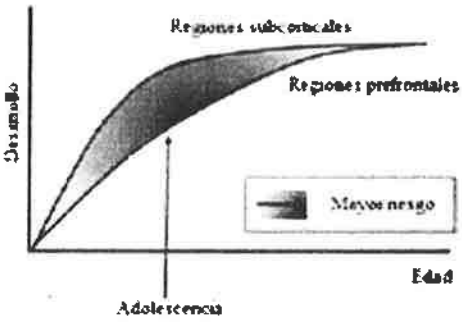

Figura 4. Desfase en el desarrollo de la corteza prefrontal y el sistema límbico (Adaptación de Mills et al., 2014)

Guillén, Jesús C.. Neuroeducación en el aula: De la teoría a la práctica (Spanish Edition) (p. 31). Edición de Kindle.

Relacionado con la búsqueda de la novedad y las conductas de riesgo típicas en la adolescencia, se ha comprobado que en la pubertad, sobre todo, existe un incremento en la densidad de receptores de dopamina (Silverman *et al.*, 2015). Los adolescentes resuelven los problemas de forma similar a los adultos y reconocen los riesgos igual que ellos, pero son más sensibles a las recompensas. En otras palabras, valoran el premio por encima de las posibles consecuencias negativas. Además, en presencia de sus amigos el efecto se amplifica.

Asimismo, las diferencias en el ritmo de maduración cerebral y en la producción hormonal podrían explicar, en parte, por qué la adolescencia afecta de forma diferente a las chicas y a los chicos. Por ejemplo, en ellas maduran antes regiones de la corteza frontal que intervienen en el procesamiento lingüístico o en la inhibición de impulsos, y también el hipocampo, imprescindible en los procesos de memoria y aprendizaje. En contraste, en ellos madura antes el lóbulo parietal inferior, fundamental para las tareas espaciales, y la amígdala (Lenroot y Giedd, 2010). En lo referente a las cuestiones hormonales, sabemos que en las chicas existe una gran sensibilidad a las relaciones sociales, y la liberación de dopamina y oxitocina activada por los estrógenos explicaría la necesidad que tienen de compartir experiencias con sus amistades, mientras que en los chicos el aumento de los niveles de testosterona o de vasopresina justificaría la falta de interés social o el ansia de competitividad, respectivamente, que tantas veces percibimos en ellos.

En la práctica

La inclinación a tomar riesgos en la adolescencia ha demostrado tener un valor adaptativo porque, en muchas ocasiones, el éxito en la vida requiere afrontar situaciones menos seguras. Al igual que ocurre con la tendencia a relacionarse con iguales —los compañeros de la misma edad ofrecen más novedades que el entorno familiar ya conocido—, las conductas de riesgo entre los adolescentes se han observado en todas las culturas, aunque en grado diferente (Steinberg, 2014). Esto sugiere que en lugar de intentar cambiar la naturaleza adolescente, deberíamos incidir en el contexto en el que se dan estas inclinaciones naturales. Por ejemplo, muchos programas educativos de prevención —como los de embarazos no deseados o los de consumo de alcohol— asumen que los adolescentes pensarán en las consecuencias futuras de sus actos en estados de alto impacto emocional —«no lo harán»— o que asumen riesgos porque no están bien informados sobre esas consecuencias —«no son conscientes de ello»—.

Otro enfoque distinto que no se limita a suministrar información sobre las actividades de riesgo y que está mucho más en consonancia con las necesidades cerebrales del adolescente es el de los programas dirigidos a la mejora de la autorregulación. Y aunque la contribución de la escuela puede ser notable, la incidencia del entorno familiar es esencial. Los hijos de padres que captan sus necesidades afectivas, fijan límites adecuados y fomentan una autonomía que les permite desarrollar todo su potencial tendrán una mayor probabilidad de mejorar su autorregulación y tener éxito en la vida (Luyckx *et al.*, 2011).

También puede resultar muy beneficioso para los adolescentes, especialmente para aquellos que pertenecen a entornos socioeconómicos desfavorecidos, participar en actividades extraescolares bien estructuradas y supervisadas por los adultos, como son el deporte o el teatro. De hecho, las decisiones que toman los adolescentes en presencia de un adulto ligeramente mayor que ellos son mucho más prudentes que las que toman en presencia de sus compañeros, y similares a las que deciden cuando están solos (Silva *et al.*, 2016).

En la línea de lo anterior, si asumimos que la adolescencia no es un problema y la consideramos una fase adaptativa en el proceso global de desarrollo del ser humano, utilizaremos los posibles conflictos que puedan aparecer en el aula como oportunidades para

enseñar y aprender competencias socioemocionales, tan importantes en un aprendizaje para la vida, en especial las que fomentan la empatia y las buenas relaciones interpersonales.

Conocer las particularidades del desarrollo cerebral hará que no estigmaticemos las conductas típicas observadas y que entendamos que el adolescente necesita nuestra guía, supervisión y comprensión. Como el cerebro adolescente es especialmente sensible a lo novedoso, sería interesante implicar a los alumnos en actividades que constituyan retos estimulantes con los que puedan amplificar esa ambición que tienen de ser creativos. El adolescente busca nuevas expectativas y quiere investigar sobre su propia identidad, por lo que nada mejor que animarlo a adoptar formas de pensamiento abiertas, lo que puede conseguirse a través de proyectos transdisciplinares como los ApS (*aprendizaje-servicio*; ver capítulo 8), una estupenda forma de vincular el aprendizaje con situaciones reales y de fomentar la cooperación o el análisis crítico, entre otras muchas competencias esenciales en los tiempos actuales. En estudios en los que se les hace preguntas del tipo: «¿Cómo se podría mejorar el mundo?» y se les pide que relacionen la respuesta con lo que están aprendiendo en la escuela, la reflexión sobre la contribución al bienestar ajeno impulsa su motivación hacia el aprendizaje y fomenta su autorregulación (Yeager *et al.*, 2014). Y es que así somos los humanos, seres sociales con una capacidad de cambio, adaptación y aprendizaje única. Especialmente, en la adolescencia.

1.4 El cerebro plástico

A diferencia de lo que se creía años atrás, nuestro sistema nervioso tiene la capacidad de modificarse y ajustarse a los cambios. Esta propiedad intrínseca del sistema nervioso, conocida como *neuroplasti- cidad,* y que permite formar nuevas conexiones neuronales y fortalecer o debilitar otras ya existentes, es la responsable de que el cerebro esté remodelándose y adaptándose continuamente a partir de las experiencias que vivimos, y de que podamos aprender durante toda la vida. En el nivel neuronal, este proceso de aprendizaje se explica a partir de un mecanismo conocido como *potenciación a largo plazo,* que conlleva un incremento duradero en la eficiencia sináptica cuando se activan neuronas simultáneamente.

Como cada una de nuestras experiencias tiene un impacto singular, la plasticidad hace que nos podamos liberar de los deter-

minismos genéticos y que cada cerebro sea único. Desde la perspectiva educativa, el concepto de *plasticidad cerebral* constituye una puerta abierta a la esperanza, porque implica que todos los alumnos pueden mejorar. Aunque existan condicionamientos genéticos, sabemos que el talento se construye a base de esfuerzo y de práctica continua. Y nuestra responsabilidad como docentes radica en guiar y acompañar al alumnado en este proceso de aprendizaje y crecimiento continuos, no solo para la escuela, sino también para la vida.

Las primeras evidencias sobre la neuroplasticidad se obtuvieron de estudios realizados con animales, personas ciegas o sordas de nacimiento y de otras que habían padecido lesiones cerebrales. Si bien estas investigaciones resultaron fundamentales en el proceso de comprensión de la plasticidad del sistema nervioso, a menudo se objetaba que aquellos experimentos correspondían a cerebros de animales o personas con características excepcionales que podían diferir del comportamiento habitual. Sin embargo, las investigaciones posteriores fueron muy reveladoras y confirmaron que el cerebro de cualquier persona cambia sin cesar y que, incluso, es capaz de asignar una nueva función a una región que cumplía otra distinta, por más que existan etapas de mayor sensibilidad, como la infancia. Así, se ha demostrado que los violinistas más virtuosos muestran un incremento apreciable en el tamaño y la actividad de la región cortical que controla los dedos de la mano izquierda, fruto de la práctica exhaustiva (Elbert *et al.*, 1995); que los cerebros de los taxistas de Londres, a diferencia de los conductores menos expertos, presentan un crecimiento significativo del hipocampo debido al gran callejero que han de memorizar (Maguire *et al.*, 2000), o que los adultos que juegan al videojuego *Super Mario 64* durante dos meses, incrementan la sustancia gris y el volumen de regiones del hipocampo, la corteza prefrontal dorsolateral o el cerebelo, imprescindible en el aprendizaje motor (Kühn *et al.*, 2014).

Entre las múltiples evidencias empíricas existentes, hay dos experimentos dirigidos por Alvaro Pacual- Leone que son especialmente significativos (Pascual-Leone *et al.*, 2005). En el primero se enseñó a la mitad de un grupo de voluntarios a tocar una pieza de piano con cinco dedos. Tras un entrenamiento continuo, se analizó con neuroimágenes la región de la corteza motora responsable del movimiento de esos dedos y se comprobó que había

aumentado. Aunque aquel resultado constituía una clara muestra de neuroplasticidad, no era novedoso, porque otros experimentos habían ofrecido resultados similares. Lo verdaderamente interesante emergió al analizar las neuroimágenes de la otra mitad de voluntarios, los cuales debían imaginar que tocaban dicha pieza. Se observó que la simulación mental de los movimientos activaba las regiones de la corteza motora que se requerían para la ejecución de los movimientos reales, es decir, la práctica mental era suficiente para promover la neuroplasticidad. Esto justifica dar la importancia que merece a la visualización y a la imaginación en el desarrollo del alumnado, y no solo como herramienta para favorecer la creatividad, sino también para aportar recursos internos para su autogestión, autonomía y superación continua.

El segundo estudio de Pascual-Leone que consideramos muy pertinente es el llamado «experimento de la venda». Durante cinco días, a un grupo de voluntarios sanos se les vendó los ojos. Durante ese periodo de tiempo se mantuvieron ocupados leyendo en braille —para lo cual hay que desplazar los dedos sobre puntos impresos— y realizando tareas auditivas en las que debían diferenciar pares de tonos que escuchaban con unos auriculares. El análisis de los escáneres cerebrales mediante resonancia magnética funcional reveló que la corteza visual de los participantes, tras solo cinco días, había modificado su función y había pasado a procesar las señales auditivas y táctiles con el incremento de actividad correspondiente. Y, después de retirar las vendas de los ojos, solo debían transcurrir unas horas para que la actividad se redujera.

Estos estudios demuestran que el aprendizaje, e incluso los pensamientos, pueden cambiar nuestro cerebro y que la plasticidad cerebral puede utilizarse, con el debido entrenamiento, para mejorar nuestro perfil emocional y para afectar de forma positiva a nuestra vida. Cuando esto se produce en el aula, las dificultades se interpretan como retos y todo es más sencillo.

1.5 La neuroplasticidad como mecanismo de compensación

Una línea emergente de investigación relacionada directamente con la plasticidad cerebral es el estudio de los efectos que tienen ciertos programas educativos sobre la cognición. Como veremos en los capítulos 3 y 4, se han diseñado programas para mejorar habilidades como la atención o la memoria de trabajo, pero también

para afrontar formas de aprendizaje atípicas, como la dislexia.

Sabemos que la lectura no constituye una actividad natural para el niño. Evolutivamente, la escritura es un invento demasiado reciente para que pueda haber influido en nuestro cerebro, por lo que leer, a diferencia de hablar, es una habilidad que debemos aprender, porque no disponemos en nuestra herencia genética de circuitos neurales específicos para la lectura. Esta es la razón por la que su aprendizaje puede ser más difícil en muchos niños, por más que reciban una enseñanza adecuada y se esfuerzan mucho.

Las neuroimágenes han revelado que existe una activación anormal en la corteza occipito-temporal izquierda, en el giro frontal inferior izquierdo o en el lóbulo parietal inferior, regiones cerebrales que intervienen en la descodificación fonológica, las representaciones fonológicas y la atención, respectivamente (Ylinen y Kujala, 2015). Y ello repercute, especialmente, en una organización deficiente de la llamada *caja ele letras del cerebro,* una pequeña región del sistema visual clave para el aprendizaje de la lectura, pues parte de sus neuronas se reciclan para responder más a las letras y a las palabras (ver capítulo 9). La buena noticia es que la inmensa mayoría de los niños disléxicos puede aprender a leer por medio de una práctica intensiva en la que, con paciencia, se les enseña a orientar la atención hacia los grafemas, los fonemas y sus correspondencias. Programas de intervención de solo ocho semanas que integran el componente lúdico (ver capítulo 6) y que se basan, principalmente, en el entrenamiento del procesamiento fonológico, muestran que esta mejora va acompañada de una mayor activación, a través de la plasticidad cerebral, de regiones que eran previamente disfuncionales (Temple *et al.*, 2003).

Y algo parecido se ha investigado también en el caso de la discalculia, un déficit del aprendizaje menos estudiado que está relacionado con la dificultad que muestran algunos niños para el procesamiento numérico.

Aunque este tipo de estrategias compensatorias no puedan erradicar completamente los trastornos —una cuestión que no comparten todos los neurocientíficos—, sí que garantizan grandes mejoras cuando existe un deseo auténtico de aprender y, al mismo tiempo, se sigue la dirección adecuada en el proceso de aprendizaje.

1.6 Hacia una mentalidad de crecimiento

Durante muchos años, el equipo de investigación de Carol Dweck ha analizado cómo afrontan los niños y los adolescentes los retos académicos, y ha comprobado la gran incidencia que tiene sobre su rendimiento la forma de interpretar sus propias capacidades. Así, por ejemplo, han identificado que hay alumnos que creen que la inteligencia es fija y que debido a los determinismos genéticos no podemos hacer nada para cambiarla (*mentalidad fija).* Como consecuencia de ello, piensan que el esfuerzo solo será útil para aquéllos menos capaces, son menos resistentes ante las nuevas dificultades y más proclives a realizar trampas —como es copiar en los exámenes— para obtener los resultados esperados. Y, aunque no existe una dicotomía, hay alumnos convencidos de que pueden desarrollar y mejorar sus capacidades a través del esfuerzo o de buenas estrategias y consejos (*mentalidad de crecimiento),* lo cual los hace centrarse en el proceso de aprendizaje y no en el mero resultado, y les empuja a ser más perseverantes ante las tareas y las dificultades que puedan surgir.

En la práctica, se ha comprobado que la mentalidad de crecimiento predice una trayectoria ascendente del alumno, en especial en los importantes cursos de transición de etapas educativas (Blackwell *et al.,* 2007); es decir, creer que la inteligencia es maleable repercute positivamente en el rendimiento académico del alumno. En la misma investigación se analizó la incidencia de una unidad didáctica sobre el funcionamiento del cerebro, la cual pretendía promover una mentalidad de crecimiento en el aprendizaje de alumnos desmotivados con dificultades académicas. A través de un enfoque activo, en ocho sesiones que duraban unos veinticinco minutos, el principal mensaje que se quería transmitir a los alumnos era que el aprendizaje cambia el cerebro formando nuevas conexiones neuronales, y que ellos son responsables del proceso. Se les enseñaba que la inteligencia es maleable por medio de lecturas inspiradoras en que se presentaban analogías, como la que considera el cerebro un músculo que se puede fortalecer, o ejemplos cercanos, como la mejora de la inteligencia de los bebés como consecuencia del aprendizaje, todo ello complementado con actividades prácticas y debates. Los resultados no ofrecieron dudas. Los alumnos que recibieron el cursillo sobre el funcionamiento del cerebro mejoraron sus resultados académicos, a diferencia de los integrantes del grupo de control, a quienes se impartió un

curso sobre memoria y cuyos resultados continuaron empeorando. Conocer cómo funciona el cerebro constituye un elemento motivador incuestionable.

Estudios posteriores revelaron la importancia de otros factores clave para fomentar la necesaria mentalidad de crecimiento. Así, se ha comprobado que cuando se elogia al alumno por su esfuerzo —solo si existe, por supuesto—, y no por su capacidad, se fortalece su perseverancia durante las tareas y mejora su forma de afrontar los contratiempos (Dweck, 2012). Ante los nuevos retos, los estudiantes con mentalidad de crecimiento prueban, se equivocan, analizan el error e intentan buscar formas de corregirlo, lo cual en los escáneres cerebrales se traduce en una actividad eléctrica mayor que la que se aprecia en los alumnos con una mentalidad fija (Moser *et al.*, 2011). Y esto no solo es importante en el entorno del aula, porque cuando los padres no asumen con naturalidad que el error forma parte del proceso de aprendizaje, es más probable que los niños desarrollen una mentalidad fija, lo cual también sucede cuando el foco del elogio recae sobre las capacidades innatas de los bebés (Haimovitz y Dweck, 2016).

Desde el nacimiento, los seres humanos estamos programados para aprender a través de la imitación —¡dichosas neuronas espejo!—. Esta tendencia natural adquiere gran importancia en el contexto del aula porque, en consonancia con lo que ya sabemos hace tiempo sobre el efecto Pigmalión, las expectativas del profesor sobre el alumno pueden condicionar su comportamiento hacia él y afectar su motivación y su evolución académica. Cuando el docente cree que las capacidades de los alumnos son estables, es más fácil que se centre en los resultados académicos y no en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, cuando tiene la adecuada mentalidad de crecimiento es más proclive a animar al alumno y a no encasillarlo según sus creencias (Park *et al.*, 2016). Cuánto daño han hecho —y siguen haciendo—las famosas *etiquetas* o estereotipos que chocan con lo que sabemos hoy día sobre nuestro cerebro plástico y que dañan gravemente las creencias del alumno sobre su propia capacidad. Y es que los metaanálisis revelan que dos de los tres factores que tienen mayor incidencia en el aprendizaje del alumno están relacionados con las expectativas del profesor y las del propio estudiante (Hattie, 2015).

En la práctica

Las creencias propias del alumno sobre su rendimiento académico, muchas veces condicionadas por experiencias personales negativas, influyen de forma determinante en su aprendizaje. En situaciones cotidianas, hemos podido escuchar a niños de diez años comentarios del tipo: «A mí siempre se me han dado mal las matemáticas», «nunca podré aprobarlas, porque no he nacido para eso» o «hay que ser muy inteligente para aprobarlas». Y nadie duda que estas percepciones no se puedan generalizar a otras materias.

En la práctica, a fin de favorecer la mentalidad de crecimiento, hemos comprobado lo útil que resulta explicar a alumnos de cualquier edad cuestiones relacionadas con el funcionamiento de su cerebro — que es muy plástico, que nos permite un aprendizaje continuo, que somos capaces de generar nuevas neuronas o que las sinapsis se pueden fortalecer al aprender algo nuevo y que con ello mejora nuestra inteligencia—. Esto lo hemos hecho dedicando los primeros minutos de las primeras clases del curso a despertar la motivación inicial: en nuestro caso particular, enseñando y analizando con los alumnos neuroimágenes de personas con trastornos del aprendizaje, como la dislexia o la discalculia, en las que se aprecian las mejoras en regiones cerebrales previamente disfuncionales, como consecuencia del entrenamiento. Algo parecido se ha comprobado en pacientes con lesiones cerebrales, los cuales mejoran su actitud cuando se les enseña cómo funciona el cerebro en los procesos de rehabilitación (Sohlberg *et al.*, 2010). Recordar continuamente estos conceptos durante el curso ayudará a los alumnos a mantener la motivación y a entender que se pueden responsabilizar del proceso de aprendizaje y de que la mejora siempre es posible.

Junto a esta estrategia, resulta también imprescindible generar un clima emocional seguro en el que se asume con naturalidad el error —todos nos equivocamos, también el profesor—, se pregunta, se anima, se elogia al alumno por su esfuerzo y no por su capacidad —«gran resultado, debes de haber trabajado mucho», en lugar de «gran resultado, debes de ser muy inteligente»—, y en donde las expectativas de los alumnos y de los profesores son siempre positivas. Sin olvidar la importancia de generalizar la colaboración a todos los miembros de la comunidad educativa: profesores, familias y alumnos. De hecho, en el caso concreto del

con los cambios corporales generados, el cerebro crea percepciones conscientes, los sentimientos, que a su vez pueden influir de forma retroactiva sobre el cuerpo. De hecho, se ha comprobado que las áreas cerebrales que nos permiten detectar los estados corporales están muy activas cuando estamos alegres, tenemos miedo o nos sentimos tristes (Immordino-Yang y Damasio, 2007), todas ellas manifestaciones mentales de las llamadas *emociones básicas,* aquellas que son universales porque están presentes desde el nacimiento, en todas las culturas y a lo largo del tiempo.

Factores básicos en los contextos educativos y que son imprescindibles para el aprendizaje, como la atención, la memoria, la toma de decisiones, la motivación, las relaciones sociales o la creatividad, están muy influenciados por las emociones, las cuales pueden inducirse por estímulos extemos, pero también por estímulos internos —como pensamientos o recuerdos—.

Una de las personas a las que tenemos que agradecer más todo lo que sabemos en la actualidad sobre las emociones es Antonio Damasio. Este prestigioso neurólogo analizó durante mucho tiempo el caso de Phineas Gage, un trabajador de la construcción de una línea férrea en Vermont, Estados Unidos, en pleno siglo XDC. Tras una explosión, una barra de hierro penetró su mejilla izquierda, le perforó la base del cráneo y atravesó la parte frontal de este. Gage no llegó a perder el conocimiento y, de hecho, en solo dos meses se recuperó completamente, al menos de forma aparente. No mostraba dificultades para hablar o para moverse y sus capacidades intelectuales parecían haberse conservado. Sin embargo, con el paso del tiempo, la persona responsable de antaño se fue convirtiendo en un ser inestable incapaz de tomar decisiones adecuadas en ningún ámbito, fuera laboral o familiar, y con claros déficits emocionales. El análisis por parte de Damasio del cráneo conservado de Gage, junto al examen de casos recientes de pacientes con lesiones prefrontales que evidenciaban comportamientos similares, reveló que los circuitos cerebrales que se ocupan conjuntamente de las emociones y de la toma de decisiones suelen participar en la gestión cognitiva y en el comportamiento social (Damasio, 2006). Es decir, un comportamiento adecuado requiere una buena conexión entre la corteza prefrontal, sede de lo más racional, y determinadas estructuras del sistema límbico o emocional, como la amígdala.

Damasio propuso que el sistema de razonamiento se desarrolló

como una extensión del sistema emocional, el cual permitió —y nos sigue permitiendo— tomar decisiones no conscientes que son imprescindibles para nuestra supervivencia, como sucede con las intuiciones. Es más, las investigaciones posteriores confirmaron que los procesos emocionales y cognitivos son complementarios, esto es, no hay razón sin emoción. La sabia naturaleza no podía permitir que nuestro cerebro destinara recursos energéticos para pensar en cosas que no nos interesan. Y esto tiene enormes repercusiones educativas.

2.2 Clima emocional en el aula

Las modernas técnicas de visualización cerebral han confirmado el papel central que desempeñan las emociones en el aprendizaje. En un estudio que utilizó la técnica de la resonancia magnética funcional se investigó cómo afectaba el contexto emocional al proceso de memorización. A los participantes se les enseñaba fotografías que generaban emociones positivas, negativas o neutras y, a continuación, unas palabras que debían memorizar. Los resultados revelaron que en cada una de las situaciones se activaban regiones cerebrales diferentes: el hipocampo en un contexto emocional positivo, la amígdala en uno negativo y el lóbulo frontal en uno neutro. Como consecuencia de ello, las palabras que se recordaban mejor eran aquellas que se presentaban en un contexto positivo (Erk *et al.*, 2003): un ejemplo claro de la relación directa entre cognición y emoción y de la importancia de generar en el aula climas emocionales positivos que favorezcan el aprendizaje. Pero ¿qué significa esto en la práctica?

Sabemos que el estrés afecta al aprendizaje. Un cierto nivel de estrés es necesario, e incluso beneficioso, porque activa circuitos cerebrales que controlan la atención o la memoria y evitan el aburrimiento. Pero para que el aprendizaje sea óptimo, el nivel de estrés no puede ser excesivo, porque ello puede provocar ansiedad o agotamiento. Los niveles de estrés muy intensos o prolongados se traducen en elevados niveles de la hormona catabólica cortisol, lo cual perjudica a la memoria (especialmente la episódica; ver capítulo 4), dado que el hipocampo cuenta con muchos receptores de esta hormona. Y también se han encontrado otros efectos nocivos en la esfera neuronal en la corteza prefrontal o en la amígdala (Sapolsky, 2015).

Estas situaciones perjudiciales para el aprendizaje pueden dar-

se tanto en el alumno como en el profesor. De hecho, recientemente se ha demostrado que el estrés del docente (*burnout*) provoca un contagio emocional negativo en el aula, al incrementar los niveles de cortisol del alumnado (Oberle y Schonert- Reichl, 2016).

Afortunadamente, existen distintas estrategias fáciles de aplicar que nos pueden ayudar a superar el estrés. Una de ellas es la risa. Seguramente, el humor se desarrolló como un mecanismo de regulación emocional necesario para afrontar unas relaciones sociales cada vez más complejas. Pero lo que está claro es que las personas que contrarrestan el estrés con humor obtienen beneficios físicos, cognitivos y emocionales, y que, cuando sonreímos, nos sentimos bien porque activamos el sistema de recompensa cerebral (Cozolino, 2013). Cuando en el aula se respira un clima emocional positivo, el alumno se encuentra seguro porque sabe que se asume con naturalidad el error, se fomenta un aprendizaje activo en el que se sabe protagonista, se suministran retos adecuados y existen siempre expectativas positivas por parte del profesor hacia sus alumnos, con lo que se evitan esas *etiquetas* tan contraproducentes para el aprendizaje. Y sobre el poder de las expectativas hay mucho que comentar.

2.3 ¿Qué esperas de un buen profesor?

En un experimento muy famoso, los investigadores mostraron a un grupo de estudiantes cortometrajes de profesores para que los evaluaran únicamente a través de las imágenes observadas. A los pocos segundos de ver a cada profesor, los alumnos ya eran capaces de valorarlo de forma parecida a como lo hacían con otros de quienes ya habían recibido sus enseñanzas durante un semestre completo (Ambady y Rosenthal, 1993). Además de demostrar la habilidad del alumno para detectar con rapidez qué profesor puede serle útil, este estudio revela la importancia de la comunicación no verbal en las relaciones en el aula y, en definitiva, del componente emocional. Cuando el profesor muestra expectativas positivas a sus alumnos está colaborando directamente en su proceso de mejora académica, porque, a través de toda una serie de mecanismos cerebrales inconscientes de que disponemos los seres humanos —como buenos seres sociales que somos—, el alumno puede captar e interpretar el mensaje optimista enviado. Ahí ha entrado en juego el efecto Pigmalión positivo, que, tal como comentábamos en el capítulo anterior, incide directamente sobre

uno de los factores determinantes en el aprendizaje del alumno: las expectativas sobre su capacidad.

Planteamos la siguiente pregunta a treinta y nueve alumnos de Bachillerato —etapa preuniversitaria en España—: «¿Qué esperas de un buen profesor?». Con el fin de no condicionar las respuestas, no se les facilitó ningún tipo de comentario orientativo, aunque se les pidió que mencionaran, como máximo, tres rasgos que ellos considerasen que caracterizaban a un buen profesor. Las respuestas se pueden observar en la figura 5.

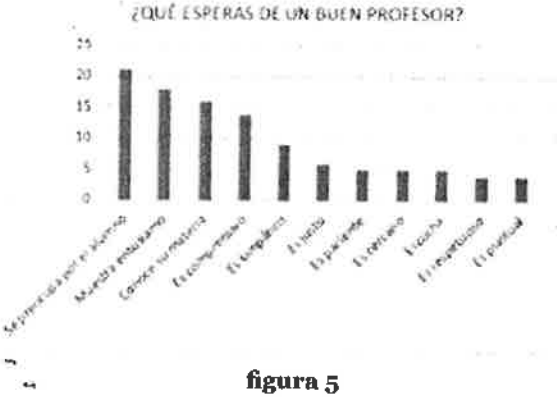

figura 5

Como muestra el gráfico, los alumnos creen que la competencia profesional del profesor no se restringe a las cuestiones meramente académicas («conoce su materia»), sino que, aun siendo importantes, han de ser complementadas con otras relacionadas con aspectos socioemocionales que para ellos tienen un peso incluso mayor, entre las que destacan la necesidad de mantener una relación em- pática («se preocupa por el alumno»), el hecho de que entiendan los problemas del adolescente actual, tanto en el plano personal como en el académico («es comprensivo»), y otros puntos relacionados con el propio carácter («muestra entusiasmo» o «es simpático»). No es casualidad que entre las estrategias pedagógicas identificadas por Hattie (2015) que más inciden en el aprendizaje del alumnado estén las expectativas del profesor, las creencias del alumno sobre su propia capacidad, su actitud, la relación entre el alumno y el profesor o el *feedback* que se produce en el aprendizaje: todos ellos son factores emocionales sobre los

que el comportamiento del docente tiene una enorme influencia.

Las investigaciones de Richard Davidson han demostrado que las personas con una gran actividad cerebral en la corteza prefrontal izquierda son más propensas a experimentar sentimientos asociados a la felicidad, la alegría o el entusiasmo. Por el contrario, aquellas con una elevada actividad en la corteza prefrontal derecha —en conjunción con una actividad baja en la corteza prefrontal izquierda—tienden más a experimentar sentimientos relacionados con la ansiedad o la tristeza. La pregunta inmediata que nos planteamos es la siguiente: ¿Podemos elevar la actividad de la corteza prefrontal izquierda y convertimos, así, en personas emocionalmente más positivas? Pues parece que sí. Las imágenes cerebrales de personas que practican con regularidad la meditación, en especial el *Mindfulness* (ver el apartado 2.7), revelan que son capaces de aprender a redirigir sus sentimientos y pensamientos, y con ello reducen la actividad de la corteza prefrontal derecha al tiempo que aumentan la de la izquierda, la asociada a las emociones positivas (Davidson y Begley, 2012). Nuestro cerebro plástico y un proceso de formación social y emocional adecuados posibilitan la mejora y la necesaria transformación positiva, tanto individual como colectiva.

2.4 La educación emocional

Está claro que las necesidades actuales de los estudiantes para incorporarse al mercado laboral no se limitan al aprendizaje de competencias meramente académicas, como pueden ser las lingüísticas o matemáticas. Hoy más que nunca el progreso requiere trabajar en equipo, saber comunicarse, empatizar, controlar los impulsos o establecer relaciones adecuadas. «Te contratan por el currículum y te echan por el carácter», comenta un amigo mío. Y para todo ello se necesita una buena educación emocional, aquella que mediante un proceso continuo nos permite potenciar toda una serie de competencias relacionadas con la comprensión y la gestión de los fenómenos emocionales que son útiles para la vida y que nos hacen ser personas más íntegras y felices. Este tipo de competencias emocionales y sociales no han de sustituir a las cognitivas, sino que las han de complementar.

Si entendemos la educación como un proceso de aprendizaje para la vida, los programas de educación emocional resultan imprescindibles, porque contribuyen al bienestar personal y social.

Entre las muchas investigaciones realizadas en el siglo XXI que prueban los beneficios de la educación emocional, hay dos muy significativas. Una ha sido el Informe de la Fundación Marcelino Botín (2008), un análisis internacional basado en unas 800 investigaciones en las que participaron más de 500 000 alumnos de Educación Infantil, Primaria y Secundaría del Reino Unido, Suecia, Países Bajos, España, Estados Unidos y Alemania. El estudio demostró que los programas de educación emocional sistemáticos afectan el desarrollo integral de los alumnos: disminuyen los problemas de disciplina, los niños y adolescentes están más motivados para el estudio, obtienen mejores resultados académicos, muestran actitudes más positivas y mejoran sus relaciones.

Por otra parte, en un estudio longitudinal de varios años de duración en el que participaron 270 000 estudiantes estadounidenses, desde educación infantil hasta la etapa preuniversitaria, se compararon 213 escuelas que utilizaban programas orientados al aprendizaje socioemocional con otras que no los

utilizaban (Durlak *et al.*, 2011). Los resultados fueron claros: los alumnos que habían participado en los programas socioemocionales durante su infancia, a los dieciocho años mostraban mejoras significativas en las habilidades sociales y emocionales, actitudes más positivas y un mayor compromiso escolar que aquellos que formaron parte del grupo de control. Y no solo eso, sino que repitieron menos cursos —el 14 % frente al 23 %— y obtuvieron mejores resultados académicos —una media del 11 % superior—.

2.5 Objetivos y eficacia de los programas

No queremos que la función adaptativa de las emociones que nos permite responder de forma rápida se convierta en un problema. Y esa será una de las finalidades básicas de la educación emocional: entrenar a las personas para que puedan dar respuestas apropiadas y no impulsivas. En la práctica, la gran mayoría de programas de aprendizaje emocional y social que se han implementado con éxito en el aula tienen como objetivo el desarrollo de un grupo de competencias emocionales —similares en todos los programas y con sus correspondientes microcompetencias—, pertenecientes al ámbito intraperso- nal y al interpersonal, que son básicas para la vida y el bienestar. Por ejemplo, en el modelo del grupo de investigación de Rafael Bisquerra se especifican de la siguiente forma (Bisquerra *et al.*, 2015):

—*Conciencia emocional.* Consiste en conocer las propias emociones y las emociones de los demás. Actividades para desarrollar esta competencia son la introspección, la autoobser- vación o la observación de otras personas.

—*Regulación emocional.* Significa dar una respuesta apropiada al contexto y no dejarse llevar por la impulsividad. Recursos importantes para la regulación son la tolerancia a la frustración, el manejo de la ira, la capacidad para retrasar gratificaciones, las habilidades de afrontamiento en situaciones de riesgo, etc. Es fundamental que el entrenamiento en regulación emocional comience cuanto antes mejor.

—*Autonomía emocional.* Es la capacidad de no verse seriamente afectado por los estímulos del entorno. Esto requiere una sana autoestima, autoconfianza, percepción de autoefi- cacia, automotivación y responsabilidad.

—*Habilidades sociales.* Son las que facilitan las relaciones interpersonales, una vez asumido que estas están entretejidas de emociones. La escucha y la capacidad de empatia abren la puerta a actitudes prosociales que nos permiten comunicamos, cooperar, ser asertivos o resolver conflictos, por ejemplo.

—*Competencias para la vida y el bienestar.* Son un conjunto de habilidades, actitudes y valores que promueven la construcción del bienestar personal y social. Los estados emocionales positivos los generamos con voluntad y actitud positiva, y nos permitirán, entre otras cosas, tomar decisiones adecuadas y ser ciudadanos activos, responsables y comprometidos.

Existen diversas evidencias empíricas que demuestran que estas competencias sociales y emocionales se pueden desarrollar y mejorar a través de intervenciones escolares o extraescolares, en cualquier etapa educativa y mediante programas destinados a familias (Weissberg *et al.*, 2015). Algunas de las recomendaciones internacionales que convendría tener en cuenta a la hora de diseñar, implementar y evaluar un programa de educación emocional en un centro educativo son las siguientes (Pérez-Gonzá- lez y Pena, 2011):

—Basar el programa en un marco conceptual sólido.

—Especificar los objetivos del programa en términos evaluables, y también comprensibles por los alumnos.
—Implicar a toda la comunidad educativa —familias, profesores, alumnos—.
—Asegurarse del apoyo de todo el centro educativo —director, claustro, familias y resto de personal—.
—Impulsar una implantación sistemática a lo largo de varios años con una programación integrada en el resto de actividades del centro.
—Emplear técnicas de enseñanza-aprendizaje activas y variadas que promuevan el aprendizaje cooperativo.
—Ofrecer oportunidades para practicar todas las facetas de la educación emocional y favorecer su generalización a diversas situaciones cotidianas.
—Incluir planes de formación y asesoramiento de los agentes educativos —profesores, asesores y familias—.
—Incluir un plan de evaluación del programa antes, durante y después de su aplicación.

Entre los criterios identificados, resulta especialmente relevante la función del profesorado, porque solo un docente que ha recibido la adecuada formación en educación social y emocional podrá ayudar al alumno a ser emocionalmente más competente. Esto se podrá desarrollar en la práctica a través de la acción tutorial, aunque el éxito de un programa de educación emocional pasa por favorecer objetivos específicos de carácter transversal y por desarrollar habilidades sociales y emocionales a través de un enfoque de integración curricular en todas las disciplinas. Cualquier momento en la escuela es adecuado para trabajar estas competencias básicas, pero también fuera de ella. Por eso es tan importante que intervengan también las familias en los procesos de formación, a través, por ejemplo, de talleres o cursos prácticos. Y no olvidemos que los programas de educación emocional han de ir acompañados de unos principios éticos que garanticen la aplicación adecuada de las competencias emocionales.

En la práctica

En el diseño inicial del programa socioemocional para un determinado curso académico es necesario que haya actividades en las que se trabajen las cinco competencias descritas anteriormente y

que todas ellas especifiquen los objetivos, procedimientos y materiales que requieren. Junto con la explicación de los objetivos y el desarrollo de la actividad, también es conveniente una evaluación de esta por parte del grupo.

Así pues, si en una sesión con alumnos de Educación Secundaria queremos analizar cómo se desarrolla la autoestima en la persona, les podemos pedir que respondan individualmente un pequeño cuestionario en el que se analizan situaciones prácticas reales donde adolescentes muestran diferentes niveles de autoestima. La actividad se complementa con algún video que expone, por ejemplo, una historia de superación personal y luego se pide a los alumnos que analicen en pequeños grupos los objetivos de la actividad y que valoren sus aplicaciones. Al final se hace una puesta en común y se debate entre todos con la intención de comparar y completar las ideas, siempre en un clima de participación y respeto mutuo en donde se asume la discrepancia de pareceres. Este es un ejemplo sencillo que muestra que, evidentemente, la educación emocional no se restringe a las primeras etapas educativas. Eso no quita que comenzar pronto puede resultar muy beneficioso para la educación de los niños.

Pongamos ahora un ejemplo relativo a la educación infantil. Si queremos trabajar la autoestima con niños de entre tres y seis años, se pueden planificar sesiones más cortas, de unos veinte minutos, que los pueden ayudar a irse conociendo y a mejorar su imagen personal. En este caso, en una sesión inicial, los niños escriben su nombre, lo decoran según sus propios gustos y, al final, reflexionan sobre quién les puso su nombre y sobre si les gusta. En la segunda sesión, realizan un dibujo sobre ellos mismos para después hablar de cómo son. En una tercera sesión, explican qué personas los quieren y cómo lo saben, mientras el adulto va escribiendo todo lo que dicen los niños. Y en una última sesión, los pequeños reflexionan sobre qué cosas les gustan mucho, y el adulto escribe todo ello en cada uno de los dedos de la mano dibujada de cada niño. Al finalizar cada sesión de trabajo, se cuelga en un lugar visible de la clase todo lo que han realizado. Toda la información recogida queda guardada en una cajita personalizada que también podrán llevarse a casa y a la que irán añadiendo sus recuerdos y experiencias personales para compartir con los demás (López Cassá, 2013).

2.6 La educación positiva llega al aula

Cuenta Martin Seligman (2011) la revelación que supuso para él una conversación que tuvo con su hija de cinco años: «Papá, ¿te acuerdas de antes de que cumpliera los cinco años? Desde los tres a los cinco años era una llorona. Lloraba todos los días. El día que cumplí cinco años decidí que no lloraría más. Es lo más difícil que he hecho en mi vida. Y si yo puedo dejar de lloriquear, tú puedes dejar de ser un cascarrabias». Aunque el padre y prestigioso psicólogo americano decidió cambiar, advirtió algo todavía más importante: la educación de su hija no pasaba por corregir sus defectos, sino por desarrollar esa fortaleza ya mostrada de forma precoz —en el caso concreto de la niña, a diferencia de sus hermanos, destacaban sus habilidades sociales— para que le permitiera desenvolverse de forma adecuada por la vida. Lamentablemente, en el campo de la educación ha prevalecido la detección de errores o carencias del alumno —¡dichoso bolígrafo rojo!— en detrimento de la identificación de sus fortalezas o virtudes, que siempre existen. Y esa es una de las razones por las que muchos niños se sienten desplazados y desmotivados ante las tareas escolares. No podemos obviar estudios recientes en los que se constata que cuando existe un predominio de las emociones positivas respecto a las negativas, obtenemos beneficios mentales o sociales y que esa predominancia de pensamientos o interacciones positivas desempeña un papel crucial en las relaciones familiares, laborales y, por supuesto, en las educativas (Fredrickson, 2009). Pero eso no significa que en el proceso educativo debamos permitir cualquier tipo de conducta o que hayamos de erradicar las emociones negativas, lo cual es imposible. De hecho, existen más emociones básicas negativas que positivas, debido a su mayor incidencia en la supervivencia de la especie, aunque puedan ser perjudiciales en determinadas situaciones, como pasa con el miedo. Hemos de aceptar todas las emociones, pero debemos aprender a gestionarlas de forma adecuada.

Una educación positiva no se restringe a enseñar a los alumnos una serie de competencias que les permitan obtener el día de mañana un buen puesto de trabajo, sino que enseña habilidades que les permiten construir su propio bienestar personal y social. No se incide de forma exagerada sobre la autoestima del niño, lo cual conllevaría sobreprotección, sino que se le deja actuar guiando su proceso a través de una serie de normas que le transmiten

seguridad, de manera que se fomenta su autonomía y su responsabilidad. Y en este proceso continuo de aprendizaje hay algunos factores especialmente relevantes que forman parte de las competencias emocionales básicas de los programas de educación social y emocional. Analicemos algunos de ellos.

2.6.1 Aprendiendo a ser optimistas

Se ha demostrado que las personas optimistas —aquellas que son capaces de afrontar las adversidades como retos en lugar de interpretarlas como problemas— destacan más en los estudios, trabajo o deporte, gozan de mejor salud y son más longevas (Danner *et al.*, 2001). Por otra parte, ya hace algunos años, un estudio longitudinal reveló que el problema básico que subyace en la depresión de muchos niños y en su bajo rendimiento radica en el pesimismo (Nolen-Hoeksema *et al.*, 1986). Las creencias que los propios niños tenían sobre la permanencia de los acontecimientos negativos, junto con la aparición de adversidades en sus vidas, representaban factores significativos de riesgo para sufrir una depresión y el consiguiente fracaso académico. No obstante, aunque existen ciertos condicionamientos genéticos que favorecen el desarrollo de una afectividad positiva en algunas personas más que en otras, hoy conocemos la importancia de las experiencias que proporcionan las buenas relaciones, sea en la escuela o en el hogar, para cultivar el optimismo, lo cual incide positivamente en el cerebro. En concreto, las personas más optimistas tienen mayor cantidad de materia gris en la corteza orbito-frontal (Doleos *et al.*, 2016), principal vía de comunicación entre las estructuras emocionales del cerebro, como la amígdala, y las estructuras racionales, como la corteza prefrontal. Y ello permite contrarrestar la ansiedad.

En la práctica

Basándose en el modelo de Albert Ellis, Martin Seligman (1998) propuso un método interesante para incrementar el optimismo que consiste en detectar, y luego rebatir, los pensamientos pesimistas a través de nuestro diálogo interno, una técnica fundamental para la mejora de la regulación emocional.

Las creencias que tenemos sobre el funcionamiento de las cosas son ideas previas —muchas veces incorrectas— que podemos refutar. Consideremos, a continuación, un ejemplo que nos puede resultar familiar y que permitiría el análisis conjunto entre el adulto y el niño:

Adversidad: mi maestro se ha reído de mí al hacerle una pregunta.
Creencia: se ha reído de mí porque me considera poco inteligente y encima mis compañeros también se han reído de mí.
Consecuencia: me he sentido inútil y avergonzado.
Rebatimiento: el hecho de que el profesor se haya reído de mí no significa que me tenga mal considerado. Además, el profesor siempre se está riendo porque tiene un carácter agradable y, seguramente, la pregunta era algo inusual. Incluso dedicó bastante tiempo a responderme. *Revitalización:* no me siento avergonzado y tampoco inútil.

Este sencillo ejemplo nos muestra que el aprendizaje del optimismo a través del rebatimiento de los propios pensamientos negativos requiere la práctica adecuada. En el caso específico del aula, es crucial la actitud optimista del docente, porque los niños suelen utilizar el mismo estilo explicativo que sus profesores cuando se critican a sí mismos. La interpretación adecuada de los errores y las contestaciones verbales equitativas a los alumnos en momentos concretos de la clase también son importantes.

2.6.2 Resiliencia en la escuela: aprendiendo a vivir

Muy relacionada con el optimismo está la resiliencia, la capacidad que tenemos para soportar la frustración y para superar las adversidades que nos plantea la vida saliendo fortalecidos de las ellas. No es casualidad que este término lo popularizara Boris Cyrulnik (2013), un prestigioso neurólogo y psiquiatra que huyó de un campo de concentración nazi a los seis años de edad. La resiliencia consiste en un aprendizaje que puede darse durante toda la vida y, más allá de las particularidades de cada uno, todos podemos aprender a ser resilientes. Las neuroimágenes han demostrado que las personas que se recuperan antes de las adversidades muestran conexiones más fuertes —más sustancia blanca— entre la corteza prefrontal y la amígdala, y pueden llegar a activar muchísimo más su corteza prefrontal izquierda que una persona con baja resiliencia (Davidson y Begley, 2012).

Las frustraciones son inevitables, pero hay que aprender a vencerlas. Por ello, desde la perspectiva educativa, cultivar la resiliencia en el alumnado se nos antoja un aprendizaje esencial. Cualquier

oportunidad, en cualquier etapa educativa y en cualquier materia, es válida para impulsar este proceso. Una educación orientada a mejorar la resiliencia ha de prestar más atención a las virtudes del alumno, ha de generar un entorno en el que se sienta respetado, apoyado y querido, ha de fomentar su autonomía y ha de crear un marco creativo en el que se asume con naturalidad el error y en el que el humor es valorado. Sin olvidar el papel destacado de la familia, que ha de establecer normas y límites adecuados.

En la práctica

Un ejemplo de programa sistemático aplicado en los centros educativos para la mejora de la resiliencia del alumnado es el programa de resiliencia Penn. Este programa se ha aplicado en institutos de Educación Secundaria con el objetivo principal de aumentar la capacidad de los estudiantes a la hora de enfrentarse a los problemas cotidianos habituales que se dan durante la adolescencia. El análisis de los resultados evidencia que el Penn enseña a los alumnos a ser más realistas y flexibles ante los problemas surgidos, a tomar mejores decisiones, a ser asertivos y, además, reduce y previene la ansiedad, la depresión y los problemas conductuales en los jóvenes, especialmente en aquellos con peor estado de ánimo (Gillham *et al.*, 2012). A continuación, presentamos tres actividades que pueden formar parte de este tipo de programas y que hemos puesto en práctica en el aula:

—*Las tres cosas buenas.* Pedimos a los alumnos que escriban todos los días tres cosas buenas que les hayan sucedido durante la semana, aunque tengan poca importancia. Al lado de cada comentario positivo han de responder a las siguientes preguntas: «¿Por qué pasó esta cosa buena?», «¿qué significa para ti?», «¿qué puedes hacer para que esta cosa buena se repita en el futuro?».

—*Superando las dificultades.* Cada alumno debe elegir un tema que le preocupe y ha de describirlo en pocas líneas. Expone su caso y entre todo el grupo se escoge una de las situaciones para trabajarla más a fondo. Se van analizando las dificultades expuestas por el alumno para, conjuntamente, encontrar las reacciones adecuadas y efectivas para superar la dificultad.

—*El cine y la resiliencia.* Se elige y se analiza una película que haga referencia a situaciones cotidianas difíciles pero supe-

radas gracias a una actitud adecuada. No necesariamente ha de ser una gran película, pero sí que ha de permitir el análisis de una determinada situación práctica útil y significativa. Por ejemplo, podemos visionar *Manos milagrosas: la historia de Ben Carson,* que relata sin grandes artilugios la vida de Ben Carson, un niño afroamericano criado en los suburbios de Detroit y, *a priori,* con pocas esperanzas de éxito en la vida, que con el esfuerzo de una madre resiliente acabó convirtiéndose en uno de los mejores neurocirujanos del mundo.

Cuando la escuela se impregna de esperanza, alegría, altruismo o creatividad, repercute positiva y directamente en el proceso de formación de personas íntegras y felices. Anna Forés y Jordi Grané (2012) lo resumen muy bien: «La resiliencia es más que resistir, es también aprender a vivir». Y eso se consigue compartiendo, porque nuestro cerebro es social.

2.6.3 Autocontrol: un camino directo hacia el bienestar

Hace más de cuarenta años se realizó una serie de experimentos dirigidos por Walter Mischel que demostraron la importancia del aplazamiento de la recompensa en niños pequeños. Aquellos que con cuatro años de edad eran capaces de resistir la tentación de comer una golosina durante quince minutos para obtener la recompensa de una segunda, de adolescentes mostraron mejores resultados académicos y conductuales que los que habían sido incapaces de inhibir la respuesta. Desde la perspectiva educativa, aunque esta correlación observada —no causalidad— es relevante, incluso lo es más el hecho de que cuando los niños recibían instrucciones adecuadas, del tipo: «Imagina que la golosina es una piedra» o: «Canta una canción cuando no puedas resistir la tentación», eran capaces de mejorar su autocontrol y demorar, así, la recompensa (Mischel, 2015).

Cuatro décadas después de los famosos test de las golosinas se quiso evaluar el grado de autocontrol que mostraban 60 adultos que habían participado en los experimentos iniciales de Mischel. Y se comprobó que aquellos que con cuatro años de edad tenían dificultades para inhibir la respuesta, en la adultez obtenían peores resultados en las pruebas de autocontrol. Además, al analizar las imágenes de

las resonancias magnéticas de los participantes, se observaron

patrones de actividad cerebral según el grado de autocontrol mostrado. Las personas con mayor autocontrol activan más los circuitos de la corteza prefrontal, mientras que las que tienen mayor dificultad para inhibir la respuesta activan de forma exagerada el núcleo *accumbens* del circuito de recompensa cerebral (Casey *et al.*, 2011). Existe una pugna entre el sistema ejecutivo prefrontal, que nos permite evaluar si una decisión es adecuada o no —como comer una golosina, fumar un cigarrillo o dejar de estudiar para conectarse a Facebook —, con el sistema emocional, que es responsable de las respuestas automáticas, en que no se evalúan las implicaciones finales, y que nos hace caer en las tentaciones. Por esta razón, el equilibrio adecuado entre el centro ejecutivo del cerebro y los centros emocionales, en especial la amígdala, constituye la base de la autorregulación emocional.

La falta de control emocional puede provocar no solo comportamientos disruptivos, sino también bajos rendimientos académicos, especialmente cuando la escuela se convierte en una fuente de estrés importante, algo que puede ocurrir tanto en la infancia como en la adolescencia. Esto lo pudimos comprobar al plantear la pregunta: «¿Controlas tus emociones?» a un grupo de 21 alumnos de Secundaría en el que predominaba un ambiente estupendo, tanto en lo académico como en lo conductual (ver figura 6). Sin embargo, a pesar del clima emocional positivo del aula y del sesgo optimista que muchas veces caracteriza al adolescente cuando el ambiente del grupo que lo rodea es el apropiado, el 62 % de los alumnos refirió que no era capaz de controlarse, o que, incluso, «a menudo, me veo arrastrado por una vorágine negativa», como alguno de ellos relató. Y es que al niño o al adolescente le cuesta reflexionar sobre lo que le ocurre y, por supuesto, necesita nuestra ayuda.

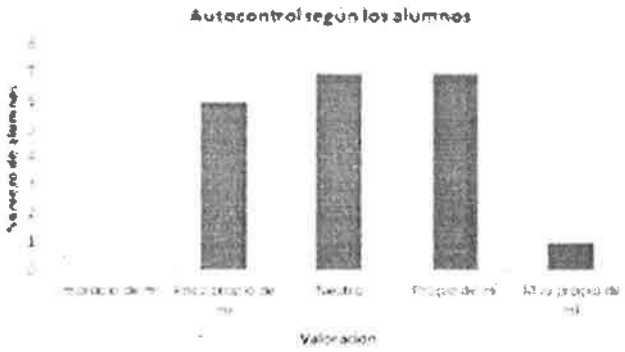

Figura 6

Existen evidencias empíricas que sugieren que el autocontrol es un recurso limitado (Baumeister y Vohs, 2016), algo parecido a lo que sucede con un músculo que puede agotarse como consecuencia de un entrenamiento intenso. Sin embargo, con la práctica adecuada —al igual que pasa con el músculo— puede fortalecerse. Pero no dejemos todo en manos de la fuerza de voluntad, porque si no, acabamos justificando el fracaso escolar de todos los alumnos esgrimiendo la falta de esfuerzo, cuando en realidad puede haber otras muchas variables que expliquen sus dificultades —cuestiones familiares, ritmos de aprendizaje diferentes, trastornos específicos, desmotivación, etc.—.

En la práctica

Comentemos algunas estrategias específicas que pueden utilizar los alumnos para mejorar su autocontrol:

—*Las tentaciones, mejor alejadas*. Cuando el alumno esté estudiando, para evitar ceder a la tentación de responder a un mensaje de whatsapp o de Facebook, es mejor tener apagado el ordenador o el móvil.

—*Visualización*. La visualización es una técnica útil que podemos enseñar a los niños para resistir las tentaciones. Por ejemplo, se les muestra una golosina, luego una fotografía de esta y se les pide que cierren los ojos e imaginen la golosina como si fuera una fotografía, para que pierda su atractivo.

—*Planificar con antelación*. Tener planes preparados con antelación y respuestas inmediatas resulta práctico para saber qué hacer ante determinadas situaciones. «Si me llama mi amigo Juan, le diré que he de estudiar con mi hermano porque tengo

que acabar el trabajo».

—*Objetivos claros.* Con objetivos claros adecuados es más sencillo obtener pequeños progresos. «Es el primer examen de Tecnología que apruebo» comentaba un alumno recientemente. Lo cierto es que eso sirvió de acicate para su mejora académica general.

—*Actitud positiva.* Cuando el alumno está realizando una tarea, es más fácil que se concentre en ella si su estado de ánimo es positivo. Por el contrario, si está en un estado de ánimo negativo, sus mayores niveles de ansiedad le complicarán controlar sus impulsos.

—*El cerebro requiere glucosa.* Se ha demostrado que para facilitar el aprendizaje y para que las tareas que requieren autocontrol no agoten nuestra fuerza de voluntad, es imprescindible que los niveles de azúcar en sangre sean estables (Bauemister, 2007). Varias comidas al día pueden recargar energéticamente el cerebro y la fuerza de voluntad de los alumnos.

—*Diálogo interno imprescindible.* Para evitar los «secuestros de la amígdala» en los que nos arrastran las emociones negativas, nada mejor que intentar plantarles cara a través del habla interna. Por ejemplo: «¿Es necesario que me enfade por un simple comentario irreflexivo del compañero?, o incluso recurrir a la empatia: «Al fin y al cabo, está un poco nervioso por la enfermedad de su padre».

—*La atención regula la emoción.* Cuando el niño está enfadado, un recurso útil consiste en dirigir su atención hacia un estímulo: «¡Mira ese pajarito!». Como analizaremos en el capítulo siguiente, existe una red de orientación de la atención que está implicada en la regulación emocional en los primeros años de desarrollo del niño.

—*El autocontrol se ejercita.* Los niños con problemas de autocontrol y con dificultades en el aprendizaje se suelen distraer con facilidad. Para mejorar esto, iremos viendo la importancia de las actividades deportivas, lúdicas o artísticas, como el teatro o la música, en las que el niño o el adolescente aprende a intervenir en el momento adecuado. Sin olvidar las técnicas de relajación corporal o el *Mindfulness,* una potente herramienta para promover el bienestar que cultiva el optimismo, incrementa la resiliencia y mejora el autocontrol, entre otras muchas cosas. Casi nada.

2.7 *Mindfulness:* el placer del presente

Mindfulness, literalmente 'atención o conciencia plena', es una de las múltiples formas de meditación que se basa en centrar la mente en el momento presente, es decir, es una conciencia que se desarrolla prestando una atención concreta, sostenida y deliberada sin juzgar las experiencias del aquí y del ahora (Kabat-Zinn, 2013).

Ya hace mucho tiempo que se incorporaron con éxito los programas terapéuticos de reducción del estrés basados en el *Mindfulness* o MBSR (del inglés, *Mindfulness-based stress reduction*) para sobrellevar el dolor crónico, aliviar el sufrimiento psicológico o mitigar la ansiedad y la depresión. Pero en los últimos años se han identificado los cambios cerebrales que producen este tipo de prácticas: ocho semanas de entrenamiento bastan para incrementar la actividad de la corteza prefrontal izquierda —asociada al bienestar y a la resiliencia, como comentábamos en un apartado anterior—, o para aumentar la concentración de materia gris en regiones cerebrales que intervienen en procesos relacionados con la memorización y el aprendizaje, la atención y la regulación emocional (Hölzel *et al.*, 2011).

Aunque la mayoría de las investigaciones sobre los efectos de estas prácticas se habían realizado con adultos, ya disponemos de estudios recientes que demuestran los beneficios del *Mindfulness* relacionados con la salud, el bienestar psicológico, las competencias sociales o el rendimiento académico en niños y adolescentes, e incluso se ha analizado también la incidencia positiva sobre el estrés o el *bumout* —síndrome del trabajador quemado— en profesores. Y es que el *Mindfulness,* al igual que el ejercicio físico, constituye una forma de actividad —en este caso mental— que promueve sus mismos beneficios. Ello tiene grandes implicaciones educativas, porque cuando los alumnos mejoran su capacidad atencional y se encuentran más relajados su aprendizaje se ve facilitado.

Especialmente interesante es la sinergia que se produce entre los programas de educación socioemo- cional y las prácticas contemplativas, como el *Mindfulness.* Por ejemplo, cuando un niño está alterado, decirle que tome conciencia de sus propias emociones puede resultar insuficiente. Tampoco la simple práctica del *Mindfulness* garantiza que adquiera las competencias necesarias para resolver conflictos. Sin embargo, cuando se integra el *Mindfulness* en los programas de educación socioemocional, algunas

de sus competencias se ven reforzadas: la autoconciencia adopta una nueva profundidad de exploración interior, la gestión emocional fortalece la capacidad para resolver conflictos y la empatia se convierte en la base del altruismo y la compasión (Lantieri y Zakrzewski, 2015). Un ejemplo representativo de este enfoque es el programa MindUP, un programa de aprendizaje socioemocional en el que cada unidad incorpora prácticas de *Mindfulness* junto con tareas en que los alumnos van aprendiendo el funcionamiento de su cerebro, la influencia de sus pensamientos y sentimientos sobre sus conductas, o estrategias para convertirse en una persona más bondadosa y altruista. La evaluación del programa MindUP en niños de edades comprendidas entre los nueve y los once años ha demostrado una mejora de la capacidad cognitiva de los alumnos, que va acompañada de otra no menos importante asociada a habilidades socioemocionales como el autocontrol, la respuesta al estrés, la empatia o las relaciones entre compañeros (Maloney *et al.*, 2016). Kindness Curriculum —para la educación infantil— y Learning to Breathe son programas similares adaptados a otras etapas educativas que se han probado también con éxito (Guillén, 2015b).

En la práctica

Expliquemos de forma sucinta dos ejercicios que pueden formar parte de este tipo de programas que incorporan el *Mindfulness*. Recordemos que estos no se restringen a la meditación, sino que también se pueden realizar actividades que fomenten la conciencia de la acción, por ejemplo, al comer, escuchar música, caminar o dibujar.

—*Escáner corporal.* Sentado el alumno en una posición confortable en una silla, sobre un cojín o en el suelo, cierra los ojos, realiza alguna respiración profunda y comienza sintiendo el cuerpo entero, siguiendo un recorrido ordenado para evitar confusión —por ejemplo, de pies a cabeza o viceversa—. El cuerpo se ve sometido a un escáner a través de la propia atención, que permite ir percibiendo los pies, los tobillos, las rodillas... Se trata de observar y aceptar qué sensaciones negativas o positivas destacan en el cuerpo, como la temperatura o el peso, y de ser consciente de la postura y la respiración.

—*La respiración como un ancla.* Este ejercicio, que los alumnos pueden realizar sentados o tumbados, consiste en prestar

atención y observar cómo el aire entra y sale de la nariz. Para facilitar la atención a la propia respiración, se puede enseñar al alumno a que cuente cada vez que respire, a que recite una palabra o frase adecuada por cada inspiración y espiración o a que se percate de alguna sensación corporal mientras entra y sale el aire, como, por ejemplo, de la temperatura —«frío y caliente»—. Es conveniente recordarles que la espiración debe durar aproximadamente el doble que la inspiración y que deben aceptar con naturalidad las distracciones, si bien han de volver a conectar con la respiración cuando sea necesario.

2.8 La motivación en el aula: siete etapas clave

No hay duda de que la motivación —etimológicamente, "lo que nos mueve a actuar"— es un producto de la emoción. Y los seres humanos tenemos una premisa motivacional fundamental: buscamos el placer y evitamos el dolor. En el contexto educativo, escuchamos con frecuencia que los alumnos no muestran interés por las cuestiones académicas y que no están motivados. Sin embargo, sí que lo están para realizar otro tipo de tareas que les resultan más gratificantes. Como consecuencia de ello, cabe preguntarse: ¿Qué podemos hacer los profesores para motivar al alumnado? ¿Cómo podemos conseguir despertar su interés por el aprendizaje (*motivación inicial),* mantener una implicación regular (*motivación de logro)* o hacer que la evaluación sea útil?

En la práctica, ocurre algo similar a lo que se da en esas reacciones de combustión tan familiares en las que la chispa suministra la energía necesaria para iniciar el proceso y donde se requiere el suficiente oxígeno para que se mantenga. Aunque la motivación surge del interior y constituye básicamente una respuesta emocional, la figura del profesor resulta esencial como facilitadora del proceso. Nos referimos, claro está, a un docente que sabe motivar porque está motivado, y que muestra expectativas positivas sobre la capacidad de sus alumnos, tal como comentábamos anteriormente. No olvidemos que muchas reacciones de combustión son procesos espontáneos, aunque son tan lentos que requieren el suministro energético extemo para iniciarse. Si buscamos la chispa y suministramos el oxígeno, la reacción acaba fluyendo con naturalidad.

Nuestro cerebro posee una capacidad extraordinaria para hacer predicciones continuas sobre lo que sucede a nuestro alrededor.

Si ocurre algo previsto —que es lo normal—, actuamos de forma inconsciente e interpretamos lo sucedido como poco importante, por lo que no será necesario almacenar esa información. Pero cuando el resultado de nuestra acción mejora la predicción aparecen en el cerebro una serie de señales que nos permiten aprender lo que ha acontecido. Estas señales se producen en el sistema de recompensa cerebral, en el cual interviene la dopamina, un neurotransmisor ligado a la curiosidad y a la búsqueda de novedades. Este mecanismo de acción, asociado solamente a las experiencias positivas, es el que nos motiva y el que posibilita que aprendamos a lo largo de toda la vida. Porque cuando se incrementa lo novedoso, lo diferente..., aquello que, en definitiva, suscita una mayor curiosidad, aumenta la activación de regiones cerebrales cuyas neuronas sintetizan dopamina, como el área tegmental ventral o la sustancia negra, y otras en donde se libera dicho neurotransmisor, como el núcleo *accumbens*, y todo ello mejora la actividad del hipocampo y facilita el aprendizaje (Gruber *et al.*, 2016). Se trata de un sistema en continuo funcionamiento desde el nacimiento, el cual ha garantizado nuestra supervivencia. Dado que estos circuitos neurales que conectan el sistema límbico con la corteza frontal se activan mucho al realizar actividades sociales, queda justificada la afirmación de que «no podremos ser efectivos en el aprendizaje si no somos afectivos», de Anna Forés y Marta Ligioiz (2009).

El reto que nos planteamos los profesores es el de favorecer la motivación intrínseca de los alumnos, aquella que nos permite dedicar mucho tiempo a una actividad que nos apasiona, en detrimento de una motivación extrínseca, basada en premios y castigos y que resulta insuficiente para promover el aprendizaje de conductas más complejas. Analicemos, a continuación, siete etapas que juzgamos importantes para desarrollar la motivación inicial, la motivación de logro y los procesos de evaluación que son imprescindibles para el aprendizaje. Sin olvidar la incidencia de los factores sociales.

2.8.1 ¡Qué curioso!

Aunque a los seres humanos nos cuesta reflexionar, porque ello requiere sobrepasar determinados umbrales energéticos que garantizan nuestra supervivencia, somos curiosos por naturaleza. Y suscitar la curiosidad en el aula activará los mecanismos emocionales del alumno que le permitirán focalizar la atención y, de esta

forma, aprender. Al inicio de las clases o de las unidades didácticas correspondientes, es obligado hacer presentaciones activas y variadas que permitan alternar visualizaciones de videos, planteamientos de preguntas según el modo socrático clásico, utilización de anécdotas o ejemplos representativos, etc.

En la práctica

Pedimos a los alumnos que observen dos balanzas con distribuciones de pesos diferentes en las que aparecen marcadas las distancias a los soportes de los extremos. Y les podemos formular las siguientes preguntas: «¿Cómo se inclinarán las balanzas al retirar los soportes de los brazos? ¿Puedes justificarlo razonando la respuesta? ¿Cómo resolverías un problema como este de forma numérica?». Estamos ante una forma de despertar la curiosidad del alumno planteando problemas, donde lo importante, en la fase inicial, no es resolverlos, sino comparar diferentes procesos de resolución y analizar qué tipo de dificultades originan (Alonso Tapia, 2005).

2.8.2 ¡Esto me interesa!

Es muy difícil que el alumno se interese por algo si interpreta que la tarea de aprendizaje no es útil o relevante. De ahí el valor de conocer, a través de los procesos de evaluación iniciales, cuáles son sus intereses personales. En este proceso inicial se han de clarificar los objetivos del aprendizaje, que han de ser reales —«te lo pido porque lo puedes hacer»— y que no se han de restringir a lo estrictamente académico. Cuando los contenidos que se van a trabajar tienen un enfoque multidisciplinar y son cercanos a la vida cotidiana del alumno, es más fácil motivarlo.

En la práctica

Basta con comparar la emoción que desprenden dos planteamientos antagónicos que, por supuesto, no despiertan el mismo interés:

1. «Hoy tenéis que leer la teoría de la página 28 del libro sobre las leyes de Newton y hacer todos los problemas que aparecen. Os resultará muy útil, porque son cuestiones muy importantes, y no olvidéis que os lo preguntaré en el próximo examen. Os sugiero que mañana preguntéis dudas, pero que no sean preguntas tontas».
2. «Hoy reflexionaremos sobre situaciones prácticas que seguro que os son familiares y que os pueden ser útiles para calcu-

lar fuerzas a las que estamos sometidos. ¿Medimos lo mismo cuando estamos acostados que cuando estamos de pie? ¿Pesamos lo mismo en casa que en un avión o en el ascensor cuando se acelera hacia arriba? Os sugiero que grabéis algún video sobre lo comentado y mañana lo analizaremos».

2.8.3 ¡Acepto el reto!

El alumno puede desmotivarse tanto si la exigencia de la tarea es elevada —se siente desbordado y ve que no progresa— como si es pequeña —la rutina puede desmotivar—. Por ello, los objetivos de aprendizaje han de constituir retos adecuados que le permitan mostrar sus fortalezas, que también las tiene, a pesar del tradicional bolígrafo rojo a la caza de errores. Evidentemente, para que exista un reto se ha de salir de la zona de confort, y en este proceso la figura del profesor como gestor del aprendizaje, que guía al alumno y analiza sus errores cuando aparezcan, es clave. El clima emocional seguro facilita el proceso.

En la práctica

Para que una tarea constituya un reto para el alumno, ha de permitirle un inicio exitoso, lo cual se consigue si la exigencia es la adecuada. Si esto se consigue, estará motivado para continuar el trabajo. Por ejemplo, poca utilidad tendrá plantear un problema algebraico para un alumno si le cuestan las operaciones aritméticas básicas. En el caso de que se logre el objetivo inicial, hemos de aumentar, paulatinamente, la dificultad y complejidad de la tarea e ir encontrando nuevos desafíos. Al igual que ocurre cuando los niños juegan con videojuegos, serán capaces de pasar al siguiente nivel cuando estén preparados para ello, no cuando el profesor lo esté.

2.8.4 ¡Soy el protagonista!

En el proceso de evolución académica y personal del alumno es esencial ir fomentando su autonomía, una autonomía valiente que le permite actuar y responsabilizarse de sus actos. Para ello es necesario que sea un participante activo del aprendizaje y que tenga la posibilidad de elección. Hemos de respetar las preguntas, intervenciones, debates suscitados o reflexiones entre alumnos, sin prisas. La excusa de que hemos de acabar el temario no vale, porque la meta no es que enseñemos, sino que ellos aprendan. Asimismo, deberíamos dejar a los alumnos que intervinieran en la creación

de normas, la elección de problemas o las estrategias de trabajo.

Guiando este proceso, el profesor cede parte del protagonismo al alumno —hablando menos y escuchando más—, porque en el aula aprendemos todos. Por tanto, la utilización de metodologías educativas activas, como el aprendizaje basado en proyectos o el basado en la resolución de problemas, se nos antoja esencial.

En la práctica

Diversos estudios avalan la idea de que los alumnos consolidan mejor la información en la memoria a largo plazo cuando participan de forma activa en el aprendizaje (Tokuhama, 2010), por lo que resulta más beneficioso que se enseñen entre ellos, realicen experimentos o analicen los contenidos, que la opción de ver un video, o de observar al profesor hacer los experimentos o escuchar pasivamente sus explicaciones.

2.8.5 ¡Progreso!

El aprendizaje es un proceso constructivista en el cual se va integrando la información novedosa en lo ya conocido. Así es como procesa la información nuestro cerebro, asociando patrones. Además, para el aprendizaje es importante tener en cuenta los conocimientos previos del alumno, pues para que se consoliden las memorias se necesita repetir y reforzar todo aquello que se ha de asimilar. En este proceso de práctica y mejora continua es esencial ir fomentando la ya conocida mentalidad de crecimiento, que nos hace perseverar ante los retos. Generar el clima emocional positivo necesario en el aula requiere elogiar a todos los alumnos, no solo a unos cuantos, como se ha hecho tradicionalmente. Y junto a ello es necesario promover actividades variadas que rompan la rutina diaria, como salidas culturales, conferencias o intercambios entre compañeros.

En la práctica

Como veremos en el capítulo 4, existen numerosas evidencias empíricas que demuestran que la práctica sistemática del recuerdo constituye un método de aprendizaje más eficaz que las sesiones de estudio convencionales. A menudo es útil que determinados procesos mentales se automaticen para poder profundizar en los conceptos. Así, por ejemplo, desconocer las reglas ortográficas impedirá una escritura adecuada. Cuando se espacia la práctica en el tiempo y se va variando con actividades diversas, se evita el

aburrimiento.

Por otra parte, ya sabemos que elogiar al alumno por su esfuerzo, y no por su capacidad, contribuye a mejorar su motivación de logro y su perseverancia a la hora de afrontar tareas de mayor dificultad.

2.8.6 ¡Esto vale la pena!

La satisfacción que produce al alumno ver que va progresando debe ser confirmada por medio de la aplicación de criterios de evaluación claros —la utilización de rúbricas es muy conveniente— que tengan en cuenta su esfuerzo y su progreso y que no se limiten al nivel de conocimientos adquirido. Se ha de fomentar la autoevaluación y enseñar al alumno los procesos asociados a la metacognición. En este proceso, en el que existe un *feedback* continuo, la utilización del portafolio y la adopción de una evaluación formativa resultan imprescindibles, tal como analizaremos en el capítulo 9.

En la práctica

El aprendizaje de habilidades metacognitivas resulta fundamental para el aprendizaje. Se puede conseguir utilizando rutinas de pensamiento que promuevan en los alumnos la reflexión sobre lo que están haciendo y sobre cómo lo están haciendo. Por ejemplo, a través de preguntas guía, podemos pedirles que analicen qué es lo que saben al comenzar una tarea y que expliquen las estrategias utilizadas en los procesos de resolución. Una de las principales razones identificadas en la mejora matemática de los estudiantes japoneses en los últimos años es la utilización permanente de preguntas acerca de lo que saben y de lo que van aprendiendo en el proceso de resolución de problemas (Tokuhama, 2014). Asimismo, el uso del portafolio promueve el desarrollo de habilidades imprescindibles como la reflexión, el análisis crítico o la autoevaluación, lo cual impulsa el desarrollo metacognitivo (Klenowski, 2007).

2.8.7 ¡Soy útil!

Los seres humanos somos seres sociales, y las relaciones en el aula entre compañeros, o entre los alumnos y el profesor, tienen una enorme incidencia sobre el aprendizaje (Hattie, 2009). Como cualquier persona, el alumno tiene la necesidad de ser reconocido, y mucho más si es adolescente, por lo cual se lo hemos de

manifestar con naturalidad, transmitiendo siempre que el error forma parte del proceso de aprendizaje. Y, en plena consonancia con el desarrollo del cerebro social, resulta útil enseñar a trabajar de forma cooperativa en el aula, utilizar estrategias proactivas que prevengan la aparición de determinados problemas o realizar tutorías, tanto individuales como en grupo. Los alumnos lo agradecerán mucho.

En la práctica

Para desarrollar en los alumnos el sentimiento de pertenencia al grupo, nada mejor que enseñarles toda una serie de competencias interpersonales que les ayuden a trabajar de forma cooperativa en el aula. Y esto se puede aplicar en cualquier actividad. Imaginemos que se quiere analizar un texto de filosofía: pues en lugar de reservar al docente la interpretación exclusiva de su significado, se pueden formar grupos de cuatro alumnos en los que se asigna la lectura e interpretación de un párrafo a cada alumno, luego se analiza con el resto de compañeros del grupo y, finalmente, se hace una puesta en común entre todos, en la cual puede intervenir también el profesor.

Como dice Ian Gilbert (2005), no es que los niños no estén motivados, sino que, a veces, no están motivados para hacer lo que deseamos que hagan y cuando queremos que lo hagan. Hagamos que quieran y que hagan, pero invirtiendo el tiempo necesario. Todo lo que hacemos está al servicio de la emoción, el motor de la motivación. Cuando se activa, capta nuestra atención y facilita el aprendizaje.

3

Mamá, no es que tenga déficit de atención, ¡es que no me interesa!

«La curiosidad, lo que es diferente y sobresale en el entorno, enciende la emoción. Y con ella, con la emoción, se abren las ventanas de la atención, foco necesario para la creación de conocimiento».
FRANCISCO MORA

«¡Prestad atención, por favor!», gritó enfurecida y desesperada una profesora a sus alumnos. Lo cierto es que, tras la sorpresa inicial, que duró unos pocos segundos, los niños se centraron en lo que estaba sucediendo en el exterior: un grupo de cotorras parecía divertirse alternando de forma excitada su posición en la copa de un pino. Lamentablemente, la profesora en cuestión no entendió —o no quiso entender— ni supo aprovechar aquello que tenía lugar en el entorno natural y que para los alumnos era mucho más interesante y emocionante que una pizarra plagada de fechas y datos correspondientes a acontecimientos históricos de hacía muchos siglos. Y es que una forma directa de suscitar la atención, un mecanismo imprescindible para el aprendizaje, es despertar la curiosidad, porque aunque a los seres humanos nos cueste reflexionar —dado el gasto energético suplementario que comporta—, somos curiosos por naturaleza.

3.1 Redes atencionales

Es difícil definir la atención. Básicamente, porque en este proceso interviene una gran variedad de factores que utilizamos continuamente en nuestras vidas cotidianas. Por ejemplo, para que el alumno esté atento en el aula se requiere un cierto grado de activación. Difícilmente atenderá de forma eficiente si está adormecido. O, si está intentando leer el enunciado de una tarea mientras le habla el compañero, deberá seleccionar cuál es el estímulo extemo prioritario: si «gana» la tarea, la atenderá y se centrará en su lectura. Su desarrollo requerirá el necesario control de la acción que le permitirá inhibir los estímulos que considere irrelevantes.

Debemos ser conscientes de que la atención es un recurso muy limitado, y que resulta imprescindible para que se dé el aprendizaje, porque no podemos recordar lo que no atendimos antes.

Las neuroimágenes han confirmado la existencia de tres redes cerebrales que, aunque están interco- nectadas, activan regiones concretas (ver tabla 1) e inciden en aspectos diferentes de la atención, por lo cual no podemos hablar de una función unitaria (Petersen y Posner, 2012). Estas redes atencionales se encargan de las funciones de alerta, orientación y control ejecutivo, y están asociadas a neuro- transmisores que actúan en distintas regiones cerebrales y también a los genes que determinan —al menos parcialmente— los niveles de dichos neurotransmisores en el cerebro, lo que indica que, a pesar de que la atención puede mejorarse como resultado del aprendizaje, subyace un componente genético importante.

Comentemos, a continuación, estas importantes redes atencionales (Posner *et al.*, 2015) y analicemos algunos ejemplos concretos en el aula relacionados con ellas:

—*La red de alerta:*

En ella interviene la noradrenalina, activa regiones talámicas y corticales, y es la que nos permite mantener el estado de vigilancia y activación ante los *inputs* sensoriales, tal como ocurre cuando el alumno se sorprende ante una frase provocadora del profesor, una estadística inesperada o cuando lleva a cabo un experimento en el laboratorio.

Esta atención que permite producir y mantener el estado de alerta parece desarrollarse de forma prioritaria en los primeros meses de vida, cuando el bebé ya es capaz de ser sensible a la novedad y de mantenerse despierto durante gran parte del día, si bien esta capacidad también depende de la estimulación sensorial suministrada por sus cuidadores.

—*La red de orientación:*

Modulada por la acetilcolina, activa principalmente regiones parietales del cerebro, y es la que nos permite orientar la atención y seleccionar la información relevante entre los diferentes estímulos sensoriales. Esto lo podemos hacer de forma automática, pero también voluntariamente, como cuando el alumno analiza las diferentes fases del experimento en el laboratorio y se detiene en una en particular. Relacionado con esto, qué

importante es también en el aula que se provoquen cambios en el foco atencional a través del movimiento del docente o de la variación del tono de su voz cuando está hablando.

Esta red se desarrolla el primer año de vida y se cree que está implicada en la regulación emocional del niño en los primeros años. De hecho, se ha comprobado que la orientación calma al bebé o al niño cuando desvía su mirada y desplaza la atención hacia algo distinto o que le pueda interesar, lo que explica que entrenarla sea importante con vistas al desarrollo del autocontrol. Decirle a un niño pequeño enfadado: «¡Mira ese pajarito!» constituye una estrategia interesante para calmarlo.

—*La red ejecutiva:*

En ella interviene la dopamina y la serotonina, activa la corteza prefrontal y la corteza cin- gulada anterior, está relacionada con la regulación cognitiva, emocional y conductual y sigue un proceso de maduración más prolongado que las anteriores. Aunque experimenta un gran desarrollo a lo largo de los primeros años —entre los tres y los siete años de edad, más o menos—, continuará evolucionando durante la adolescencia, debido al lento desarrollo de la corteza frontal.

La atención ejecutiva permite al niño focalizar la atención de forma voluntaria ignorando las distracciones e inhibiendo los impulsos, como sucede cuando se centra en el proceso de resolución de un problema o sigue la explicación del profesor durante la clase. Como veremos a continuación, es imprescindible en el aprendizaje explícito o consciente, necesario para realizar exámenes u otras tareas escolares, y de una incidencia directa en el rendimiento académico del alumno.

Red atencional	Función	Anatomía	Neurotransmisores
Red de alerta	Vigilancia Alerta	Corteza frontal y parietal Locus ceruleo (tronco encefálico)	Noradrenalina
Red de orientación	Orientación	Colículos superiores Lóbulo parietal superior Unión temporoparietal Corteza frontal anterior Campos oculares frontales	Acetilcolina
Atención ejecutiva	Autorregulación	Corteza cingulada anterior Corteza prefrontal Ganglios basales	Dopamina Serotonina

Tabla 1. Anatomía de las redes atencionales

Todas estas redes atencionales son esenciales. La novedad activa la atención de alerta del alumno, que le permitirá participar en la tarea, pero también la red de orientación, que hará que seleccione los estímulos a los que ha de prestar atención más de acuerdo con los sucesos externos que con los propios pensamientos. Sin embargo, será la atención ejecutiva la que suministrará la base del comportamiento voluntario y la que le permitirá, en última instancia, estar centrado en la tarea. En la práctica, los profesores debemos planificar las actividades de manera que permitan fortalecer todas las redes atencionales asociadas a ellas. Conseguir captar la atención del alumno al inicio de la clase a través del sistema de alerta resulta insuficiente. Hemos de poder conseguir que se mantenga esa atención y que se active el funcionamiento ejecutivo de su cerebro.

3.2 La atención ejecutiva

Aunque también existen mecanismos inconscientes que permiten mantener la atención, y que incluso parecen ser importantes en la resolución creativa de problemas, nos centraremos en los aspectos voluntarios y conscientes de la atención, pues conllevan lo que conocemos como *concentración* y desempeñan un papel central en el aprendizaje explícito, tan importante en el aula, como comentábamos anteriormente.

El equipo de investigación dirigido por María Rosario Rueda realizó un experimento en el que participaron 69 alumnos de primero de ESO de un instituto de Granada, cuyo objetivo era anali-

zar la capacidad atencional de los niños y su incidencia en lo académico y en lo conductual (Chueca *et al.*, 2008). Los resultados revelaron que los alumnos que gozan de una mejor atención ejecutiva obtienen mejores resultados académicos, especialmente en matemáticas, y su comportamiento en el aula es más positivo. Los autores recalcan la importancia de conocer el temperamento de los niños, tanto por parte de los padres como de los profesores.

La pregunta que nos planteamos, en consonancia con lo descrito, es si podemos mejorar la atención ejecutiva, que se ha demostrado que correlaciona de forma positiva con los resultados académicos. Pues bien, parece que la respuesta es afirmativa.

El grupo de Michael Posner, una autoridad mundial en el estudio de la atención, proporcionó cinco días de entrenamiento, en sesiones que duraban entre treinta y cuarenta minutos, a niños de entre cuatro y seis años de edad en una escuela en Oregón. Los niños aprendían a controlar con un *joystick* los movimientos de un gato que aparecía en la pantalla del ordenador. Aunque las horas dedicadas parezcan insuficientes, los resultados revelaron que la actividad de los circuitos que intervienen en la atención ejecutiva mejoró, e incluso se aproximó a la registrada en los adultos. Y no solo eso, sino que estos alumnos que mejoraron su capacidad de control atencional también lo hicieron en determinadas pruebas de inteligencia (Rueda *et al.*, 2005). Este estudio fue replicado años después en un colegio de Granada con niños de cinco años de edad, esta vez con sesiones de cuarenta y cinco minutos y durante diez días de entrenamiento. Antes y después de este, se evaluaron aspectos atencionales, emocionales e intelectuales de los pequeños. Los resultados mostraron que los que participaron en el grupo experimental mejoraron la eficiencia y la rapidez de la activación de la red atencional ejecutiva, un efecto que perduró incluso dos meses después, y que también se transfirió a la inteligencia fluida de los niños, aquella que les permite resolver tareas novedosas (Rueda *et al.*, 2012). Se desconoce cuánto tiempo puede durar la facilitación de estos mecanismos cerebrales en la atención ejecutiva, si bien todo parece indicar que si se utilizaran entrenamientos más duraderos, podrían alargarse los efectos temporales.

A la espera de que concluya algún estudio longitudinal que en el presente está en curso, como uno que realiza Universidad de Granada, lo que sí que podemos afirmar es que el entrenamiento de la atención beneficia el funcionamiento del cerebro y que debe-

ría formar parte de la educación de todos los niños. Junto a este tipo de entrenamiento, en el que se practican de forma continuada tareas específicas a través de videojuegos o programas informáticos para mejorar las distintas redes atencionales, también se ha comprobado que la práctica regular del *Mindfulness* y del ejercicio físico modifica circuitos neurales que intervienen en la atención, mejorándola. Y de estas prácticas se pueden beneficiar todos los alumnos, especialmente aquellos con déficits atencionales y que son más jóvenes, sobre todo cuando se adapta el entrenamiento a las necesidades particulares (Peng y Miller, 2016). Porque cabe admitir que realmente existe un ritmo pedagógico frenético muy generalizado, el cual puede perjudicar el aprendizaje eficiente de niños y adolescentes. Aunque hacer cosas de forma automática puede resultar beneficioso en algunas situaciones, porque nos ahorra tiempo, en otras nos lleva a cometer errores. La toma de decisiones y la reflexión adecuadas pasan por activar la atención ejecutiva, gracias a la cual podemos concentramos y ralentizar el cerebro, dándole tiempo, así, para que pueda fijarse en los detalles. Planteemos, por ejemplo, el siguiente enunciado: «Una planta dobla cada día su tamaño. Dentro de 20 días ocupará todo el estanque. ¿Qué día ocupará la mitad del estanque?». Tómate tu tiempo...

Si el estimado lector se ha parado a reflexionar —activando su red ejecutiva cerebral— habrá una mayor probabilidad de que no haya respondido «el día 10» —es el día 19—. Por desgracia, esa misma problemática se da en el aula cuando los profesores formulamos una pregunta al alumno y le dejamos muy poco tiempo de respuesta. No obstante, si le concedemos unos segundos más —al menos 5 segundos tras una pregunta y después de una respuesta—, podemos fomentar una mayor seguridad y reflexión en el alumno (Stichter *et al.*, 2009). Como plantean Marina y Pellicer (2015), no podemos confundir la velocidad con la intensidad de aprendizaje, y deberíamos enseñar a los alumnos a trabajar más despacio para ganar en profundidad. Algo que tiene claro Maryam Mirzakhani, la primera mujer que ganó la medalla Fields —equivalente al Premio Nobel en Matemáticas—, quien siempre se ha definido como una estudiante lenta pero constante.

3.3 El cerebro hiperactivo

Consideremos una situación típica en el aula que resultará muy

cercana a los docentes. El profesor está explicando a sus alumnos de nueve años cómo se realiza una operación matemática en la que aparecen fracciones. María sigue con detenimiento la explicación y mira fijamente el cálculo desarrollado en la pizarra, manteniendo una postura fija y erguida. Por otra parte, Juan, alumno al que se le diagnosticó hace poco tiempo el trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), intenta concentrarse pero no para de moverse y cualquier estímulo externo, sea un golpe de viento que agita la persiana, el susurro de un compañero o un sonido que proviene del aula contigua, lo distrae con facilidad. Curiosamente, su madre comentaba hace poco al profesor que en casa era capaz de pasar mucho tiempo concentrado jugando a su videojuego favorito.

Sabemos que el TDAH se caracteriza por una gran capacidad de distracción, impulsividad e hiperactividad, es congénito y persiste en la edad adulta en el 65 % de los casos (Hart *et al.*, 2013). No existe un biomarcador que permita detectarlo, sino que el diagnóstico lo realiza el médico a partir de entrevistas, cuestionarios, escalas de evaluación o exploraciones físicas que a través de los cuales descarta otras razones, y para su tratamiento se utilizan medicamentos psicoestimulantes —el famoso Concerta —, junto con terapias cognitivo-conductuales. Estos medicamentos tienen una estructura química similar a la anfetamina y actúan sobre los neurotransmisores de la corteza prefrontal inhibiendo su recaptación, lo cual reduce los síntomas del trastorno en el 70 % de los casos, aunque sus procesos de acción no son del todo conocidos (Rubia *et al*, 2014), como tampoco sus efectos sobre la salud a más largo plazo.

Cuando se han analizado las particularidades de los cerebros de niños y adolescentes con TDAH a través de las resonancias magnéticas funcionales, se ha comprobado que tienen un volumen cerebral total en tomo al 3 % menor que los que no tienen TDAH, alteraciones ya identificadas antes del tratamiento con los estimulantes conocidos (Castellanos et al., 2002). Esto no significa que estos niños sean menos inteligentes, sino que los problemas que manifiestan asociados a los déficits atencionales, impulsividad o falta de control están asociados a una estructura cerebral diferente. Estudios posteriores con neuroimágenes han revelado que las personas con TDAH muestran alteraciones en los circuitos que conectan las áreas ejecutivas del cerebro —corteza prefron-

tal— con regiones emocionales y motoras, como los ganglios basales y el cerebelo (Hart et al., 2013), lo que explicaría su mayor dificultad para inhibir los impulsos. Una analogía podría ser una orquesta compuesta por grandes músicos que el director—la corteza frontal, sede de las funciones ejecutivas— no puede controlar bien. También se han identificado niveles más bajos de dopamina en algunas regiones del sistema de recompensa cerebral, como en el núcleo accumbens (Volkow et al, 2011), cosa que ayudaría a entender que necesiten una mayor estimulación que los niños sin TDAH. Y junto a los estudios de neuroimagen, la evaluación neuropsicológica ha identificado un perfil muy heterogéneo de alteraciones cognitivas asociadas a la memoria de trabajo, el control inhibitorio, la planificación o la detección y corrección de errores, entre otras muchas. Sin olvidar los déficits motivacionales observados en estos niños que les hace más difícil aplazar la recompensa, pero que no les impide ejecutar mejor tareas que les interesan. Y son precisamente la baja tolerancia a la demora y las dificultades en el control inhibitorio dos de los primeros signos que predicen el trastorno. Esto es muy importante, ya que la detección temprana del TDAH en las primeras etapas educativas es decisiva si se pretende intervenir y disminuir su prevalencia en etapas posteriores (Rueda et al., 2016).

Existen, pues, evidencias sólidas que muestran que el TDAH es una alteración del desarrollo de origen biológico y que las conductas observadas son el resultado de dichas anomalías. Al margen de ello, un entorno familiar desorganizado o un currículo escolar inadecuado pueden amplificar esas conductas.

En la práctica

Mencionemos a continuación algunas estrategias prácticas —unas más generales y otras más concretas— que pueden ser útiles para niños y adolescentes con TDAH y que se pueden aplicar a todo tipo de alumnos para optimizar la atención que pueden prestar

—Los beneficios de la naturaleza:

Cuando centramos la atención en una tarea durante periodos de tiempo prolongados disminuye la liberación de determinados neurotransmisores en la corteza prefrontal, lo cual ocasiona la correspondiente fatiga mental. Sin embargo, un simple paseo por un entorno natural es suficiente para recargar de energía estos circuitos cerebrales que permiten recuperar la

atención y la memoria, de modo que se mejoran los procesos cognitivos (Berman *et al.*, 2009). En el caso concreto de niños con TDAH, un mero paseo de veinte minutos por un parque hace que se concentren mucho más en las tareas posteriores que si lo dan en un entorno típicamente urbano (Taylor y Kuo, 2009). Y, en general, cuando estos niños juegan regularmente en espacios verdes abiertos se reducen claramente los síntomas característicos del TDAH (Taylor y Kuo, 2011).

—Ejercicio físico y mental:

Como analizaremos en el capítulo 5, la práctica de la actividad física es una estupenda manera de mejorar la atención ejecutiva de los niños, pero en el caso concreto de los que padecen TDAH, todavía es mejor cuando se combina con una mayor actividad mental, como en las artes marciales, que requieren una gran concentración por parte del practicante. Como ejemplo de ello, la aplicación de un programa de taekwondo en niños de entre cinco y once años, durante tres meses, produjo mejoras en los procesos de autorregulación, tanto cognitiva como emocional, que incidieron de forma positiva en su comportamiento en el aula (Lakes y Hoyt, 2004). Retar por medio de este tipo de deportes tanto al cerebro como al cuerpo es muy beneficioso para los niños con TDAH, porque en ellos confluyen los movimientos específicos y la atención necesaria para aprenderlos.

—Mindfulness:

Sabemos que la práctica del *Mindfulness* fortalece circuitos cerebrales que intervienen en la atención, de lo cual se pueden beneficiar todos los alumnos y, por supuesto, los que presentan TDAH. En un estudio en que intervinieron niños con TDAH de edades comprendidas entre los ocho y los doce años, junto sus padres, se quiso analizar los efectos de un programa de *Mindfulness* de ocho semanas de duración. Los resultados revelaron que los niños que recibieron este entrenamiento redujeron de forma significativa en el entorno familiar los síntomas relacionados con la falta de atención, y de forma moderada los asociados a la hiperactividad, respecto de aquellos que formaron parte del grupo de control (Van der Oord *et al.*, 2012).

—Desarrollo de competencias socioemocionáles:

Está claro que técnicas como el *Mindfulness* mejorarán la concentración del alumno y ayudarán a que se relaje, pero también

se le pueden enseñar otras competencias que fomenten su desarrollo socioemocional. Así, por ejemplo, es muy interesante enseñar al niño, y también al adolescente, a utilizar ese diálogo interno que les permitirá darse instrucciones y que puede ser útil para promover una actitud positiva, organizar las tareas escolares o resolver un problema. O bien enseñarle estrategias que lo ayuden a relacionarse de forma adecuada con los demás, pues se ha comprobado lo beneficioso que puede resultar para el alumno con TDAH el trabajo cooperativo, y aún más en pequeños grupos, como cuando se le encarga que enseñe algo a un compañero (Barkley, 2016).

—Motivación:

Como los niños con TDAH se aburren y pierden el interés por las tareas más rápidamente que los demás, debemos suministrarles actividades estimulantes que puedan motivarlos. Una forma de despertar su curiosidad es proporcionarles actividades reales alejadas del mundo académico, tantas veces abstracto; otra es recurrir a todo tipo de juegos que contribuyan a optimizar su atención, como el ajedrez, los puzles, las actividades manuales o cualquier otro que organicen de forma informal los propios niños; también conviene plantear actividades artísticas como el baile, la música o el teatro, dado que exigen control motor, emocional y cognitivo. Y el efecto motivador se intensifica si encima disponen de la posibilidad de elegir.

—Planificar con antelación:

Una táctica que se ha demostrado muy útil para mejorar el autocontrol en niños con TDAH y para manejar su dificultad a la hora de aplazar las recompensas es lo que se conoce como *intención de implementación*. Este tipo de intenciones suelen tener la forma de proposiciones del tipo «si X, entonces Y» y sirven para planificar con antelación, como sería el caso de decirse: «Si me llama mi amigo Juan, le diré que no puedo salir porque tengo que estudiar para el examen».

Cuando se enseña a los niños con TDAH a utilizar este tipo de estrategias de forma continuada acaban funcionando de forma automática, de modo que el control precisa menos esfuerzo, y esto les permite resolver mejor muchas tareas cognitivas relacionadas con las funciones ejecutivas (Gawrilow *et al.*, 2011).

—División de tareas:

Los niños con TDAH se distraen con facilidad y no son capaces de mantener la información durante periodos prolongados, debido también a su déficit en la memoria de trabajo. Por ello, resulta útil dividir las tareas en otras más pequeñas y realizar los correspondientes descansos entre ellas, algo que se puede hacer también en otro tipo de pruebas, como los exámenes escritos. Y si el niño con TDAH tiene problemas con la escritura, como consecuencia de sus problemas con la coordinación motora, se le debería permitir utilizar programas informáticos que posibilitaran formas de expresión alternativas.

—El poder de la inmediatez:

El cerebro del niño con TDAH es un maestro de la procrastinación, aunque le encantan los desafíos iniciales que suponen las tareas. Relacionado con esto, y teniendo asumido que terminar el trabajo en el aula puede representar un éxito para el maestro pero no para el alumno, se han comprobado los beneficios de utilizar recompensas inmediatas en niños con TDAH en cuanto acaban las tareas asignadas. Ello requiere una supervisión continua del adulto, así como suministrar un *feedback* frecuente e inmediato. Premiar las conductas apropiadas se puede hacer incrementando los elogios, la atención, el ánimo o determinados privilegios. Pero siempre de forma personal, con información breve y precisa (Barkley, 2016). La necesidad de responder con consecuencias inmediatas aporta otro elemento muy valioso, como es que el niño tenga que ir informando sobre el trabajo que está realizando de forma continua.

—¿Y el neurofeedback?

El *neurofeedback* es un método en el cual se van mostrando a personas imágenes de su propia actividad cerebral en tiempo real para que intenten modificarla con su pensamiento. En el caso del TDAH, el niño aprende a reducir el exceso anómalo de ondas cerebrales lentas y a paliar su déficit en ondas cerebrales de mayor frecuencia, con lo que desarrolla estrategias de autorregulación que puede transferir a tareas cotidianas. Pese a que es un técnica que se está empezando a considerar eficaz (Heinrich *et al.*, 2016), se requieren nuevos estudios y evaluaciones complementarias que constaten su efectividad y que analicen sus efectos a más largo plazo (Rueda *et al.*, 2016).

3.4 El mito de la multitarea

Mientras caminamos, podemos hablar, escuchar música, masticar comida y ayudar a mantener el equilibrio a la persona que se ha tropezado delante de nosotros. O en casa podemos estar buscando información en Google teniendo encendida la televisión, escuchando la música que proviene de la habitación de al lado, mientras hablamos con nuestra pareja y no paran de sonar los mensajes del whatsapp. Es evidente que podemos realizar múltiples cosas a la vez. Sin embargo, cuando se trata de prestar atención o de realizar determinadas tareas cognitivas, la cuestión es diferente, sobre todo con relación a la eficiencia con la que las podemos desarrollar. Cuando se pide a jóvenes adultos que realicen tareas de discriminación visual en las que para su correcto desempeño no deben prestar atención a estímulos irrelevantes que los pueden distraer, aquellos que están más acostumbrados a la multitarea en su vida cotidiana muestran un rendimiento mucho menor, sobre todo cuando aumenta el número de estímulos distractores (Ophir *et al.*, 2009). Relacionado con esto, se ha comprobado que las personas que utilizan simultáneamente varios dispositivos multimedia tienen una menor densidad de materia gris en la corteza cingulada anterior, una región del cerebro que, como se ha comentado, está involucrada en la atención ejecutiva, y esto podría justificar su peor rendimiento en tareas de autocontrol e incluso que algunos problemas de regulación socioemocional estén más presentes en estas personas (Loh y Kanai, 2014).

Un estudio reciente en el que participaron 523 adolescentes con edades situadas entre los once y los quince años investigó la relación entre la multitarea y las funciones ejecutivas en esta franja de edad, en la cual la utilización de dispositivos electrónicos adquiere un innegable protagonismo. Se midieron los tres componentes esenciales de las funciones ejecutivas —la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la capacidad de inhibición— mediante autoinformes y tareas específicas. Los resultados revelaron que los adolescentes más acostumbrados a la multitarea en sus tareas del día a día muestran déficits en todas las funciones ejecutivas, es decir, presentan problemas de control cognitivo que se manifiestan en una mayor incapacidad para concentrarse durante periodos de tiempo prolongados, para adaptarse a nuevas situaciones o para inhibir sus impulsos, lo cual les puede ocasionar problemas académicos y conductuales (Baumgartner *et al.*, 2014). Según los au-

tores de este estudio, existen diversas explicaciones que podrían justificar la correlación negativa observada entre la multitarea y las funciones ejecutivas:

—La sobreestimulación constante suministrada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) —ordenadores, videojuegos, dispositivos móviles y táctiles, pantallas, etc.— haría que disminuyera su capacidad para soportar situaciones menos estimulantes.

—La multitarea podría sustituir a otras actividades como la comunicación interpersonal, la lectura o, en general, el aprendizaje, que son tan importantes en el desarrollo del adolescente.

—Los déficits en las funciones ejecutivas serían, precisamente, los que podrían permitir la multitarea. Aunque existen muchos estudios que sugieren que la multitarea perjudica a las funciones ejecutivas, podría darse el proceso inverso. Y ello explicaría que los adolescentes con mayores problemas para controlar su conducta se sintieran más atraídos por la multitarea asociada a las TIC y que les costase más dominarla en situaciones menos atractivas; de ahí que fueran incapaces de no responder a un mensaje de Facebook mientras están haciendo los deberes.

En cuestiones atencionales, nuestro cerebro mejora su eficiencia si se ceñtra en las tareas de forma secuencial, una a una. Naturalmente, en los tiempos actuales existe una enorme cantidad de estímulos de todo tipo que «invitan» a nuestro cerebro a que se vuelva adicto a ellos. Esto lo han confirmado experimentos recientes en los que se pedía a los participantes que estuvieran entre seis y quince minutos en una habitación con pocos estímulos y sin elementos distractores como móviles, bolígrafos, etc. Pues bien, quedarse a solas con sus propios pensamientos resultó tan desagradable para muchos de ellos que prefirieron administrarse unas descargas eléctricas antes que repetir la experiencia. Es decir, necesitaban hacer algo, aunque fuera negativo, antes que no hacer nada (Wilson *et al.*, 2014).

Con todo, desde la perspectiva educativa, ya hemos comentado la importancia de parar y de reflexionar como experiencia enriquecedora de aprendizaje socioemocional que nos permite conocemos para poder, así, conocer mejor a los demás. Y como veremos en el capítulo 7, el mero hecho de dejar vagar la mente

activará unos complejos circuitos cerebrales (*red neuronal por defecto)* que intervienen, por ejemplo, en el desarrollo del pensamiento creativo.

3.5 La atención en el aula

Una de las grandes preocupaciones de los docentes es que los alumnos *presten atención* durante la clase. Esto constituye un requisito fundamental para el aprendizaje, debido a la existencia de una interdependencia entre la atención y la memoria. Por una parte, como la memoria tiene una capacidad limitada, la atención determinará qué información será almacenada y, por otra, los recuerdos de experiencias pasadas son los que guían nuestra atención. No es casualidad que regiones cerebrales que intervienen en procesos de memorización, como el hipocampo, participen también en tareas atencionales (Chun y Turk-Browne, 2007).

En la práctica

Analicemos, seguidamente, algunas estrategias que pueden ayudar a mejorar la atención del alumno en el aula, lo cual puede repercutir significativamente en su aprendizaje. Y tengamos en cuenta que gran parte de las estrategias analizadas en el apartado correspondiente al TDAH pueden resultar beneficiosas para cualquier alumno.

—Importancia del inicio y del final.

Hace mucho tiempo que las ciencias cognitivas identificaron el llamado *efecto de posición serial,* que establece que el recuerdo de un elemento contenido en una serie está condicionado por la posición en la que se presenta: hay mayor probabilidad de que recordemos un elemento presentado inicialmente *(efecto de primacía)* porque capta más nuestra atención, o si se presenta al final *(efecto de recencia),* debido a que esta información está más cercana en el tiempo y a que no habrá interferencias de estímulos posteriores, cosa que no ocurrirá con los elementos intermedios (Oberauer, 2003).

Este efecto tiene grandes implicaciones pedagógicas, porque sugiere que el inicio de la clase es un momento crítico para el aprendizaje. Lamentablemente, en muchas ocasiones esos primeros minutos se utilizan para tareas administrativas o para corregir los deberes del día anterior, cuando deberían dedicarse a analizar las cuestiones más relevantes o a suministrar la información

novedosa de forma correcta, despertando la curiosidad del alumno y activando sus redes atencionales de alerta y de orientación. Y matizamos lo *deforma correcta*, porque si preguntamos a los estudiantes sobre un determinado concepto que se va a analizar y lo definimos después de haber escuchado distintas respuestas erróneas de los alumnos, se corre el riesgo de que alguno de ellos memorice alguna de esas respuestas inexactas que haya despertado especialmente su interés.

Asimismo, es imprescindible aprovechar los minutos finales como una oportunidad clave para optimizar el aprendizaje y donde los alumnos participen de forma activa en el proceso de síntesis de información, realizando, por ejemplo, un mapa conceptual, o debatiendo sobre las cuestiones básicas que se han identificado. En la fase final de la clase no suele ser la mejor estrategia dejarles hacer lo que quieran como premio por el trabajo anterior.

En cuanto a la fase intermedia, se podría reservar para la parte más práctica para optimizar la atención del alumnado. El trabajo cooperativo es un recurso muy adecuado en este momento.

—Bloques de aprendizaje y parones:

Por otra parte, se ha identificado que conforme disminuye la duración de la clase también lo hace el tiempo asociado a la fase intermedia, y que aumenta, en consecuencia, el dedicado a las fases de primacía y recencia. Sousa (2011) propone las siguientes proporcionalidades que, por supuesto, son estimaciones y pueden variar entre los alumnos:

Duración de la clase (Número de minutos)	Primacía - Recencia (Minutos, %)	Fase intermedia (Minutos, %)
20	18 (90 %)	2 (10 %)
40	30 (75 %)	10 (25 %)
80	50 (62 %)	30 (38 %)

Tabla 2. Importancia del efecto de primacía y recencia durante la clase

En la tabla 2 observamos que, a medida que disminuye el tiempo dedicado al periodo de enseñanza, aumenta, en proporción, el tiempo en el que realmente se optimiza el aprendizaje —el 90 % en una sesión de veinte minutos—. Este hecho también tiene grandes

implicaciones en el aula, porque si la atención es un recurso limitado, resultará muy útil fraccionar el tiempo dedicado a la clase en periodos de diez o quince minutos, a lo sumo, para poder optimizarla.

Y aunque estos periodos de tiempo sean aproximaciones que seguramente no reflejen las particularidades individuales (Wilson y Kom, 2007), están en consonancia con el efecto de posición serial y pueden resultar útiles, en la práctica, si van acompañados de los correspondientes parones, porque estos sirven para volver a liberar de forma adecuada los neurotransmisores que intervienen en los procesos atencionales y para enlazar con el siguiente bloque de estudio. No obstante, el lapso atencional de un estudiante en el aula puede ser hasta menor y verse muy afectado por el tipo de enseñanza; a este respecto, conviene remarcar que los métodos de aprendizaje activos centrados en el alumno pueden aumentar su capacidad para concentrarse (Bunce *et al.*, 2010). Debemos evaluar, por consiguiente, los comportamientos individuales en el aula y la incidencia de nuestras estrategias pedagógicas.

—La variedad: una necesidad cerebral:

Es evidente que la tradicional clase magistral permite al docente suministrar una gran cantidad de información en un periodo corto de tiempo. Sin embargo, si analizamos su incidencia en el aprendizaje cuando se utiliza de forma continuada, vemos que su eficiencia puede ser baja, debido, básicamente, a la dificultad que tiene el alumno para mantener la atención durante mucho rato seguido. En la práctica existe una gran diversidad de estrategias pedagógicas que pueden estimular el cerebro y captar su atención, siempre y cuando conlleven cambio y novedad. Desde la utilización por parte del docente de conflictos cognitivos, metáforas, historias, ejercicios que propongan predicciones, actividades que requieran analizar diferencias, juegos, debates, lecturas o videos, hasta cambios regulares en el entorno físico de aprendizaje del aula que suministren la adecuada estimulación visual. Y, cómo no, aplicando la necesaria alternancia de metodologías, que fomente un aprendizaje activo alejado del rol pasivo que tantas veces hemos adoptado como estudiantes, cuando éramos meros receptores de la información suministrada por el maestro, considerado tradicionalmente como una fuente inagotable de conocimiento. Nada mejor para el aprendizaje eficiente del cerebro que recurrir a

un enfoque multisensorial que permita integrar el mayor número posible de conexiones neuronales entre diferentes regiones cerebrales. Existen múltiples ejemplos sobre esto, como es enseñar a los niños a leer haciéndoles palpar las letras con los dedos: al unir el tacto con la presentación visual de la palabra, y con el apoyo de su sonido, los niños integran la información visual, auditiva y táctil (Bara *et al.*, 2007).

—El poder de las buenas historias:
Una buena narrativa no se limita a atraer nuestra atención, sino que, además, ha de ser capaz de mantenerla. Y este es un recurso educativo que puede utilizarse en cualquier etapa y que resulta muy útil al inicio de las clases. Así, por ejemplo, podríamos comenzar una unidad didáctica relacionada con las sucesiones numéricas mediante una historia. En este caso, atribuida al gran matemático Gauss, durante su infancia, algo que les encanta a los alumnos de edades similares, como hemos comprobado en la práctica. Se cuenta que un profesor estaba muy enfadado con sus alumnos y como castigo les hizo sumar todos los números naturales del 1 al 100 —1+2+3+... +100—. Por supuesto, el maestro esperaba tener ocupados a los niños durante un espacio de tiempo prolongado. No obstante, a los pocos segundos, el pequeño Gauss soltó la respuesta correcta ante la mirada atónita del adulto: «Agrupamos los números por parejas.

El 1 con el 100, el 2 con el 99, el 3 con el 98..., y así sucesivamente, hasta el 50 con el 51; son 50 parejas y cada una de ellas suma 101, por lo que el resultado final saldrá de multiplicar 101 por 50, que da 5050». Os puedo asegurar que cuando el alumno no recuerda la fórmula que debe utilizar para sumar los términos de una sucesión aritmética, esta historia resulta infalible como recordatorio. Y es que la memoria es muy importante...

4.

Aprendo a estudiar y estudio para aprender

«Somos quienes somos por obra de lo que aprendemos y recordamos».

ERIC KANDEL

Hoy quiero reflexionar con mis alumnos sobre la memoria y cómo repercute en el aprendizaje. Para ello, les planteo una serie de preguntas que son muy similares a las que hice unos días antes a profesores entusiastas en un curso de formación. El análisis de las respuestas revela pocas diferencias entre ambos grupos. Por ejemplo, tanto a los adolescentes como a los adultos nos resulta sencillo memorizar un número de teléfono de siete cifras, pero muy complicado uno de diez; recordamos mejor las capitales de unos países que las de otros.—Francia mejor que Somalia—; reconocemos que hemos practicado mucho para aprender a escribir; nos cuesta definir con precisión ciertos conceptos estudiados —¿qué es la diferencia de potencial?—, aunque los recordamos mejor si nos los explicaron a través de analogías —en una analogía hidráulica de la electricidad, la bomba propulsora de agua sería equivalente a la fuente de alimentación o voltaje—, y no olvidamos nuestro primer amor o el nombre del profesor que nos apoyó en una situación complicada. Conocer estos procesos en los que interviene la memoria puede resultar muy beneficioso tanto para el que enseña como para el que aprende, quien, por supuesto, somos todos.

4.1 Memoria y aprendizaje

No puede haber aprendizaje sin memoria, porque son dos procesos directamente relacionados. Aprendemos a través de un proceso activo resultado de la experiencia que conlleva cambios en el cerebro asociados a la memoria, la cual nos permite almacenar la información aprendida. Porque, en esencia, el aprendizaje es el proceso por el cual adquirimos información sobre sucesos externos, y la memoria, el mecanismo de retención por el cual la almacenamos y podemos recuperarla cuando la necesitamos. O,

como dice Fabricio Ballarini (2015): «Aprendo, luego memorizo, y existo».

La memoria es selectiva y el cerebro humano, mediante un proceso de adaptación evolutiva continua que ha permitido optimizar su eficiencia, nos permite recordar de forma más rápida todo aquello que es decisivo para nuestra supervivencia, fácil de asociar a experiencias pasadas o cargado de un valor emocional. Esto es determinante en el aula, no en lo referente a la supervivencia, sino en lo que tiene que ver con dotar de sentido y significado al aprendizaje. La razón es que, como ya apuntamos en el capítulo 2, despertar la curiosidad a través de lo novedoso y tener en cuenta los conocimientos previos del alumno es imprescindible para mejorar la memoria y el aprendizaje, dos procesos indisolubles que nos permiten formar nuestra realidad.

¿Por qué, entonces, tradicionalmente ha tenido tan mala reputación la memoria? Tal vez por desconocimiento, y justamente conocer la existencia de diferentes tipos de memoria (ver figura 7) y su particular funcionamiento nos puede ser útil para hacer un uso adecuado de ella en el aula.

Figura 7. Sistemas de memoria

4.2 Distintos tipos de memoria

La confirmación de la existencia de distintas clases de memoria que activan diferentes regiones cerebrales se remonta al estudio que realizó Brenda Milner, en la década de los cincuenta del siglo pasado, del paciente Henry Molaison, conocido en el ámbito científico por sus iniciales HM. A este paciente se le extirpó la región interna del lóbulo temporal —que incluía el hipocampo—, pues era la que le provocaban unos ataques de epilepsia que le impedían llevar una vida normal. La operación fue todo un éxito en cuanto al control de las crisis epilépticas; sin embargo, provocó en HM lo

que se conoce como *amnesia anterógrada,* un trastorno que impide la formación de nuevas memorias, exactamente lo mismo que le ocurría al protagonista de la película *Memento,* de Christopher Nolan, que, por supuesto, conviene ver. Milner comprobó que el paciente HM conservaba su inteligencia, era capaz de recordar durante unos minutos un número de tres dígitos, podía conversar con normalidad e, incluso, podía recordar acontecimientos anteriores a la operación muy alejados en el tiempo. No obstante, era incapaz de recordar qué había comido una hora después de hacerlo, no se reconocía en fotografías recientes y cada vez que visitaba a sus médicos, que lo llevaban tratando durante mucho tiempo, los saludaba como si no los hubiera visto nunca antes; es como si su historia se hubiera detenido con la operación. Y, aunque podía aprender a realizar determinadas tareas motoras o perceptivas, no era consciente de dicho aprendizaje (Milner, 2009).

Los estudios de Milner sobre el caso de HM constituyeron el inicio de la investigación moderna alrededor de la memoria, al identificarla como una función mental diferenciada de las capacidades cognitivas, motoras o perceptivas, y al localizar sus distintos tipos en regiones concretas del cerebro.

Dejando aparte los sucesos emocionales, que ya hemos comentado que se graban en nuestro cerebro de forma más directa, en situaciones normales —o si se quiere, menos emotivas— existe una memoria explícita (o *memoria declarativa),* que podemos verbalizar y que hace referencia al almacenamiento de información de hechos generales (*memoria semántica)* y sucesos concretos de nuestra vida (*memoria episódica),* que se da, por ejemplo, cuando el alumno recuerda lo que ha hecho en la práctica de laboratorio por la mañana o sabe que Isaac Newton fue un eminente físico inglés que nació en el siglo XVII. Este tipo de memoria, que es a la que suele referirse la gente cuando habla de *memoria,* está constituida por recuerdos conscientes que, a corto plazo, se almacenan en la corteza prefrontal (*memoria a corto plazo),* pero que el hipocampo transforma en recuerdos duraderos (*memoria a largo plazo)* que se irán almacenando en las distintas regiones de la corteza cerebral asociadas a los sentidos involucrados originalmente. Así, por ejemplo, los recuerdos de imágenes visuales se almacenan en la zona de la corteza visual (Kandel, 2007).

El proceso continuo mediante el cual las memorias a corto plazo se van convirtiendo en memorias a largo plazo se conoce como

consolidación de la memoria y es el que, en definitiva, posibilita el aprendizaje. En el caso concreto de HM, la memoria a corto plazo, encargada de manipular pequeñas cantidades de información durante breves periodos de tiempo, no se vio afectada. Pero sí el proceso de transferencia a la memoria a largo plazo en el que interviene el hipocampo y que le habría permitido almacenar mucha información durante un tiempo ilimitado. El hecho de que fuera capaz de recordar sucesos de su infancia se debe a que estaban claramente asentados en la corteza cerebral y a que su evocación no requería la acción del hipocampo. Esto es lo que justifica la importancia de los conocimientos previos en el aprendizaje, porque cuando en la corteza existen redes neuronales relacionadas con la información novedosa, esta deja de depender del hipocampo y se integra rápidamente en los esquemas existentes. En caso contrario, se necesitará la participación de la corteza prefrontal para integrar los conocimientos nuevos y el proceso de asimilación será mucho más lento (Morgado, 2014); salvo en el caso de que algo novedoso nos provoque una gran sorpresa, porque en tales situaciones se puede favorecer la síntesis proteica necesaria para consolidar y transformar memorias a corto plazo en memorias a largo plazo. Por ejemplo, cuando se lleva a cabo una clase novedosa breve —pongamos, por ejemplo, quince minutos de experimentos en el laboratorio o una lección musical en un aula diferente— una hora antes o una hora después de una situación de aprendizaje —relato de una historia—, puede incrementarse hasta un 60 % la memoria explícita del alumnado (Ballarini *et al.*, 2013). Este efecto promotor de la memoria es simétrico, pero no aparece cuando la novedad se da cuatro horas antes o después de la lectura de la historia o cuando la novedad se convierte en rutina.

Por otra parte, tal como comprobó Milner, la razón por la que HM podía aprender determinadas tareas motoras o por la que no había olvidado otras similares era que existe una memoria inconsciente, conocida como *memoria implícita* (o *procedimental*), en donde no participa el hipocampo o la región medial del lóbulo temporal, y sí otras regiones como el cuerpo estriado, la amígdala o el cerebelo. Esta memoria implícita, que se expresa de forma automática, no precisa una atención consciente para que se dé el aprendizaje y está asociada básicamente a nuestras destrezas y hábitos perceptivos y motores, por lo que es difícil de verbalizar y cuesta más consolidarla, aunque se almacena de forma más

duradera. Es la que nos permite, a través de diversos procesos, aprender a caminar, a escribir o a hablar un nuevo idioma, pero también a asociar sentimientos de felicidad o temor a ciertos sucesos, proceso en el que interviene la amígdala, estructura de una gran relevancia educativa.

En la práctica, es muy común que exista una dependencia o influencia mutua entre ambos tipos de memoria o aprendizaje, el explícito y el implícito. Así, el niño puede aprender de forma explícita las operaciones aritméticas, siendo consciente de la diferencia entre una suma o una resta, y acabar convirtiendo su cálculo, como consecuencia de la práctica repetida de este, en un proceso automático que puede resultar muy útil, tal como veremos en el apartado siguiente. También puede aprender a escribir por medio de la práctica continua, al tiempo que va integrando de forma explícita las reglas ortográficas que son imprescindibles para un aprendizaje efectivo de la escritura. Todo lo anterior sugiere la necesidad de relacionar e integrar ambos tipos de memoria, como también la de clarificar los objetivos de aprendizaje en cada tarea a fin de poner en juego la memoria más adecuada y utilizar las estrategias que mejor la propicien. No obstante, para optimizar el aprendizaje hay que tener en consideración una forma particular de memoria explícita que ya hemos mencionado en capítulos anteriores y que es más que una simple memoria, porque interviene en actividades complejas y pasa por ser una de las funciones ejecutivas esenciales: la *memoria de trabajo*.

4.3 La memoria de trabajo

Imaginemos que hemos de multiplicar mentalmente los números 47 y 23. Para que este cálculo lo podamos realizar deberemos recordar los dos números, aplicar las reglas propias de la multiplicación, almacenar la información correspondiente a los productos intermedios e ir procesándola atentamente para evitar las distracciones que perjudicarían la secuencia adecuada que nos conduzca al resultado final. Este es un ejemplo de utilización de la memoria de trabajo, que consiste en almacenar de forma consciente durante un breve periodo de tiempo una pequeña cantidad de información para ser utilizada en cualquier tarea cognitiva. Este sistema de mantenimiento y manipulación temporal de la información —esta mayor actividad mental la diferencia de la memoria a corto plazo—, depende de la corteza prefrontal, y su capacidad, aunque

limitada, se va desarrollando durante la infancia y correlaciona de forma positiva con el rendimiento académico del alumno e, incluso, con su inteligencia fluida, la que nos permite resolver problemas nuevos (Burgess *et al.*, 2011). Dado que posibilita combinar la información que nos llega del entorno con la almacenada en la memoria a largo plazo, resulta fundamental para la reflexión y la resolución de problemas, lo cual incide directamente en el desarrollo de la competencia lectora y en la matemática (De Haan, 2014). Y esto es lo que quisimos probar en el aula del Bachillerato de Ciencias. Planteamos dos problemas análogos mediante enunciados diferentes, uno de forma abstracta con un enunciado largo, y el otro presentado de forma visual (Willingham, 2011).

Los problemas son análogos, porque se pueden identificar claramente las tres tareas del problema 1 —echar leña, avivar el fuego y servir el té, de menor a mayor importancia, respectivamente— con los tres aros del problema 2, situados en orden creciente. Asimismo, se puede hacer la analogía entre las tres personas del problema inicial con las tres piezas del otro, y las restricciones de ambos problemas son equivalentes. ¿Cómo se desenvolvieron los alumnos al realizar los dos problemas en el orden propuesto? Los resultados se reflejan en la figura 8.

Como cabía esperar, el porcentaje de aciertos en el segundo problema fue mucho mayor que en el primero. La sensación que uno tiene cuando lee por primera vez un enunciado tan largo como el de la ceremonia del té es que el problema requiere múltiples lecturas y la realización de algún esquema complementario que facilite la identificación de la información relevante, para así poder planificar mejor la estrategia de resolución. La gran cantidad de información suministrada por ese enunciado, y por otros parecidos que podemos encontrar en libros de texto o exámenes oficiales, satura la memoria de trabajo, con lo cual se dificulta la necesaria reflexión.

Además, como los mismos alumnos comentaron, no existe esa imagen de las piezas y los discos que permita ir reteniendo en la mente los movimientos necesarios para la resolución, algo que sí que se puede hacer en el segundo problema. En cuanto a la dificultad para ver la analogía entre los dos enunciados, se puede justificar por la tendencia de nuestro cerebro a preferir lo concreto a lo abstracto, aunque este aspecto se puede mejorar con la debida práctica, acostumbrando a los alumnos a identificar analogías

y diferencias entre ejemplos diferentes, una forma de generar el aprendizaje basado en el pensamiento del que tanto habla Robert Swartz (2013).

Problema 1

En las posadas de algunas aldeas del Himalaya se practica una refinada ceremonia del té en la que participan un anfitrión y dos invitados, exactamente, ni más ni menos. Cuando los invitados han llegado y están sentados en la mesa, el anfitrión lleva a cabo tres servicios. Estos servicios se enumeran según el orden de nobleza que los habitantes del Himalaya les atribuyen (de menos a más): echar leña, avivar el fuego y servir el té. Durante la ceremonia, cualquiera de los presentes puede pedir a otro: «Honorable señor, ¿puedo encargarme de esta tarea pesada por usted?». Pero solamente puede encargarse de la tarea menos noble. Además, si alguno está haciendo una tarea, no puede solicitar hacer otra menos noble que la que está haciendo. La costumbre exige que para cuando la ceremonia del té termine, todas las tareas hayan pasado del anfitrión al invitado de más edad. ¿Cómo se consigue?

Problema 2

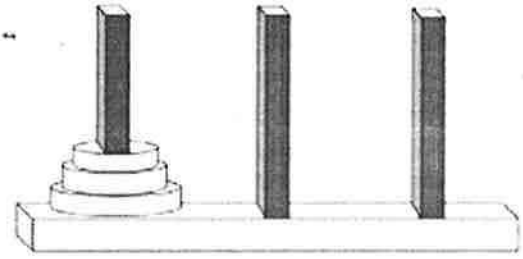

Figura 1. Versión del problema de la ceremonia del té con aros y piezas

En la figura 1 se muestra un tablero de juego con tres piezas. Hay tres aros de tamaño decreciente en la primera pieza de la izquierda. El objetivo consiste en mover los tres aros desde la pieza 1 de la izquierda a la de la derecha 3. Solo hay dos reglas que limitan el movimiento de los aros: solo se puede mover un aro al mismo tiempo y no se puede colocar un aro mayor sobre uno menor.

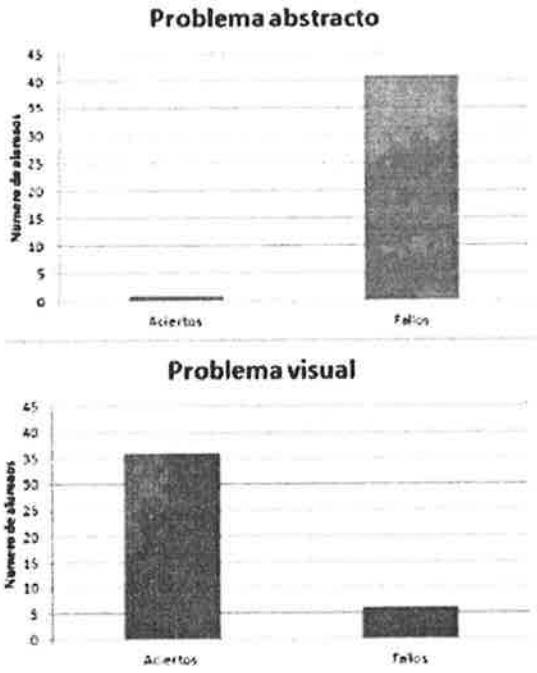

Figura 8. Número de aciertos y fallos en el problema abstracto y en el visual

En la práctica

El hecho de que la *memoria* de trabajo tenga una capacidad limitada sugiere que, en la práctica, puede ser útil la adquisición de determinados automatismos. Así, por ejemplo, se ha demostrado que si los niños no aprenden de memoria determinadas operaciones aritméticas, como las tablas de multiplicar, tienen mayores dificultades para resolver problemas aritméticos en niveles más avanzados porque dedican los recursos de su memoria de trabajo al cálculo y no a la resolución del problema planteado, que es lo prioritario (Cumming y Elkins, 1999). Pero este proceso repetitivo debe restringirse a situaciones específicas en las que se aprende de forma implícita, pues en ese caso concreto intentamos formar y fortalecer las redes neurales que conducen siempre a las respuestas requeridas, como en las operaciones aritméticas o durante el aprendizaje de una lengua extranjera.

En el contexto general del aula, a los niños que presenten dé-

ficits en su memoria de trabajo les costará realizar tareas que requieren varios pasos, y también podrán tener problemas para retener pequeñas cantidades de información al realizar una actividad, lo cual puede llevar a un ritmo de aprendizaje más lento y a dificultades académicas relacionadas con la lectura o el cálculo matemático, por ejemplo.

Y ello puede desembocar en conductas disruptivas o de incomprensión en el aula (Gathercole, 2008). Aunque estos niños no muestran la impulsividad o hiperactividad características del TDAH, muchos de los diagnosticados con este trastorno sí que manifiestan déficits en la memoria de trabajo, lo cual está en consonancia con los problemas ejecutivos a los que hacíamos referencia en el capítulo anterior.

Parece ser que la memoria de trabajo puede entrenarse y mejorarse a través de tareas como la *n-back*, en la cual hay que recordar si la posición de una figura que va apareciendo y desapareciendo en una pantalla coincide o no con su posición anterior, e incluso hay indicios de que esto podría mejorar la inteligencia fluida (Au *et al.*, 2015). Otro ejemplo conocido con el que se han conseguido buenos resultados ejecutivos que pueden transferirse a tareas no entrenadas es el programa Cogmed, con el que se trabaja, durante cinco semanas, la memoria de trabajo a través de tareas verbales y visuoespaciales que van ajustando el grado de dificultad a cada individuo. Sin embargo, en el caso concreto de niños de seis y siete años con déficits en su memoria de trabajo, un reciente estudio longitudinal de dos años ha identificado una mejora a corto plazo en el funcionamiento cognitivo de las tareas entrenadas, aunque sin incidencia en algunas tareas académicas (Roberts *et al.*, 2016). Esto sugiere la necesidad de diversificar el entrenamiento cognitivo. Si hacemos una analogía con el entrenamiento físico, sería algo del estilo: «Si en el gimnasio entreno todo el cuerpo, será más fácil fortalecer los brazos que si únicamente hago sentadillas».

Está claro que este tipo de entrenamiento específico es complicado de llevar a cabo en el aula. No obstante, en la práctica sí que podemos ayudar a los alumnos a utilizar de forma más eficiente la memoria de trabajo enseñándoles estrategias mnemotécnicas, en situaciones concretas, de organización del material, por medio de elementos visuales, reduciendo la cantidad de información que han de recordar, incrementando el sentido y significado de las actividades propuestas o permitiéndoles utilizar elementos facili-

tadores como correctores ortográficos, calculadoras, pósters, diccionarios personalizados, programas informáticos y muchos otros recursos. Sin olvidar que la reflexión requiere atención y que la práctica continuada mejora la abstracción.

4.4 Pecados de la memoria

La memoria es un recurso limitado, afortunadamente. Si pudiéramos recordar con sumo detalle todos los acontecimientos, independientemente del nivel de procesamiento al que fueron sometidos, el resultado sería un caos abrumador difícil de gestionar debido a la gran cantidad de recuerdos inútiles. Relacionado con esto, Daniel Schacter (2011) ha identificado siete «pecados» o defectos del funcionamiento de la memoria que se producen con frecuencia en la vida cotidiana aunque, como el propio autor sugiere, más que defectos asociados al propio diseño de la memoria, hay que entenderlos como adaptaciones producidas por la selección natural que permiten que la memoria sea un sistema ñable, independientemente de que en ocasiones pueda fallar. Resumamos brevemente estos siete pecados identificados por Schacter —algunos errores son de omisión y otros de comisión— y expongamos un ejemplo típico que puede darse en el aula asociado a cada uno de ellos:

1. *Transitoriedad:* olvido producido por el paso del tiempo.
«Pensaba que recordaba la explicación del profesor de hace unos días sobre el experimento en el laboratorio, pero he olvidado parte del material que hemos de utilizar».
2. *Distractibilidad:* olvido por falta de atención en lo que hemos de recordar.
«No sé dónde he dejado el libro de matemáticas».
3. *Bloqueo:* búsqueda frustrada de información que nos consta que sabemos —tener algo «en la punta de la lengua»—.
«Me he quedado en blanco en la primera pregunta del examen y he recordado la respuesta cuando ya lo había entregado».
4. *Atribución errónea:* asignación de un recuerdo a una fuente equivocada.
«Creía que la *Crítica de la razón* pura era una obra de Hume».
5. *Sugestionabilidad:* tendencia a incorporar información engañosa de fuentes externas.
«Expliqué en clase las dificultades que tuve hace unos años

para contar números, pero cuando llegué a casa mi madre me dijo que eso le había pasado a mi hermano mayor».

6. Propensión o sesgo retrospectivo: influencia de nuestros conocimientos, sentimientos o creencias en los recuerdos que almacenamos.

«Para resolver el problema hay que igualar la ecuación a cero, porque siempre igualamos a cero las ecuaciones».

7. Persistencia: recuerdo de cosas que nos gustaría olvidar.

«No puedo olvidar a aquel profesor que se burlaba de mí delante de los compañeros».

En lo referente al estudio, en muchas ocasiones el alumno no es capaz de recordar la información porque no se consolidó, es decir, la memoria no llegó a formarse, seguramente, a causa de la falta de atención. Pero otras veces no es capaz de recordar —«me quedé en blanco»— porque las condiciones del ahora difieren de las condiciones en las que se adquirió la información (*codificación*). Es decir, las memorias dependen del contexto, sea físico, emocional o cognitivo. Y ello sugiere la necesidad de que los alumnos preparen las pruebas importantes en un estado fisiológico y en un entorno de aprendizaje similares a los que se encontrarán cuando tengan que recuperar la información necesaria (Bajo *et al.*, 2016).

Hemos de asumir que olvidamos con el paso del tiempo y que eso es algo natural. Basta pensar en la gran cantidad de información que se nos suministra en la etapa escolar y la rapidez con la que esta se pierde o resulta imposible de recuperar. Si pidiéramos a un adulto con estudios universitarios relacionados con la historia del arte que explicara a su hija el significado de *voltaje,* en muchos casos se vería en serios apuros. Afortunadamente, Google sale siempre al rescate. No es casualidad que cuando se ha analizado la información retenida por estudiantes universitarios en el transcurso de los años posteriores, se haya comprobado que la curva del olvido es muy similar para todos ellos —una curva ya identificada por Hermann Ebbinghaus hace más de un siglo—, independientemente de que obtuvieran mejores o peores resultados académicos. Sin embargo, aquellos que siguen estando en contacto con esos contenidos académicos son los que conservan mayor información, lo que indica que es la práctica continua, y no el nivel alcanzado durante el aprendizaje, el mejor antídoto

contra el olvido (Willing- ham, 2011). A escala neuronal, se aplica aquello de «úsalo o piérdelo», porque aprender significa ir fortaleciendo las conexiones neuronales a través de la repetición, esto es, la práctica perfecciona y es un requisito para la memoria a largo plazo. Pero desde la perspectiva educativa esta debe ser una práctica deliberada que no ha de estar reñida ni con la variedad ni con la reflexión, porque como nuestro cerebro aprende a través de la asociación de patrones, son los conocimientos previos y la constante adquisición de cultura lo que va construyendo nuestro talento. Porque tener un conocimiento sólido de base es también un requisito fundamental para ser creativos. No es casual que las personas que resuelven mejor los problemas matemáticos asocien continuamente la nueva resolución a otras ya conocidas. Asimismo, cuando se ha analizado cómo resuelven los problemas planteados en el tablero ajedrecistas profesionales y aficionados, se ha comprobado que los más expertos son más eficientes en el nivel cerebral, es decir, activan menos redes neurales y hacen un uso más selectivo de la memoria, al asociar la posición de las piezas en el tablero a otras que requieren procedimientos tácticos similares (Duan *et al.*, 2014).

En el aula nos interesa que los alumnos utilicen de forma adecuada y eficiente los distintos tipos de memoria. La adquisición de hábitos motores, como tocar un instrumento musical, o mentales, como el cálculo matemático, requiere repetición. Sin embargo, cuando tratamos de adquirir conocimiento más complejo, hemos de utilizar formas de aprendizaje relacional que activen el hipocampo para que se puedan formar conexiones neuronales más variadas y flexibles que las que se dan en el aprendizaje implícito. Por fortuna, ya disponemos de técnicas de estudio y aprendizaje contrastadas en el laboratorio que, aunque a menudo están en contradicción con lo que hacemos tanto profesores como alumnos, tienen una incidencia directa en la mejora del aprendizaje. Y su aplicación práctica es muy sencilla.

En la práctica

—Práctica del recuerdo: ¡ponte a prueba!:

Los exámenes se han utilizado y siguen utilizándose como herramientas para evaluar el aprendizaje de los alumnos; en concreto, son instrumentos que sirven para calificar. Sin embargo, podemos enfocar este tipo de pruebas de forma distinta. En los últimos años

contra el olvido (Willing- ham, 2011). A escala neuronal, se aplica aquello de «úsalo o piérdelo», porque aprender significa ir fortaleciendo las conexiones neuronales a través de la repetición, esto es, la práctica perfecciona y es un requisito para la memoria a largo plazo. Pero desde la perspectiva educativa esta debe ser una práctica deliberada que no ha de estar reñida ni con la variedad ni con la reflexión, porque como nuestro cerebro aprende a través de la asociación de patrones, son los conocimientos previos y la constante adquisición de cultura lo que va construyendo nuestro talento. Porque tener un conocimiento sólido de base es también un requisito fundamental para ser creativos. No es casual que las personas que resuelven mejor los problemas matemáticos asocien continuamente la nueva resolución a otras ya conocidas. Asimismo, cuando se ha analizado cómo resuelven los problemas planteados en el tablero ajedrecistas profesionales y aficionados, se ha comprobado que los más expertos son más eficientes en el nivel cerebral, es decir, activan menos redes neurales y hacen un uso más selectivo de la memoria, al asociar la posición de las piezas en el tablero a otras que requieren procedimientos tácticos similares (Duan *et al.*, 2014).

En el aula nos interesa que los alumnos utilicen de forma adecuada y eficiente los distintos tipos de memoria. La adquisición de hábitos motores, como tocar un instrumento musical, o mentales, como el cálculo matemático, requiere repetición. Sin embargo, cuando tratamos de adquirir conocimiento más complejo, hemos de utilizar formas de aprendizaje relacional que activen el hipocampo para que se puedan formar conexiones neuronales más variadas y flexibles que las que se dan en el aprendizaje implícito. Por fortuna, ya disponemos de técnicas de estudio y aprendizaje contrastadas en el laboratorio que, aunque a menudo están en contradicción con lo que hacemos tanto profesores como alumnos, tienen una incidencia directa en la mejora del aprendizaje. Y su aplicación práctica es muy sencilla.

En la práctica

—Práctica del recuerdo: ¡ponte a prueba!:

Los exámenes se han utilizado y siguen utilizándose como herramientas para evaluar el aprendizaje de los alumnos; en concreto, son instrumentos que sirven para calificar. Sin embargo, podemos enfocar este tipo de pruebas de forma distinta. En los últimos años

se han realizado múltiples investigaciones que demuestran que ponemos a prueba al realizar un test o un examen intentando recordar lo más significativo del material estudiado constituye una experiencia de aprendizaje muy potente. El proceso de recordar en sí mismo realza el aprendizaje profundo de forma mucho más significativa que leer de forma repetitiva los apuntes o los textos de un libro, pues nos ayuda a entender las ideas básicas de lo que estamos estudiando (*churiks*), y de este modo se generan nuevos patrones neurales y se conectan con otros ya almacenados en diferentes regiones de la corteza cerebral. Cada vez que intentamos recordar, modificamos nuestra memoria y este proceso de reconstrucción del conocimiento es muy importante para el aprendizaje.

Karpicke y Blunt (2011) realizaron interesantes experimentos que revelaron que el llamado *efecto del test* constituye una técnica de estudio más eficiente que otras más utilizadas por los alumnos, como el estudio repetitivo o la realización de mapas conceptuales. En uno de ellos, 80 estudiantes universitarios debían estudiar un texto científico de casi 300 palabras. Los alumnos se repartieron en cuatro grupos de 20 cada uno, que correspondían a las cuatro condiciones experimentales diseñadas por los investigadores: en el primero, estudiaron el texto durante cinco minutos; en el segundo, hicieron lo mismo pero volvieron a repetir el estudio en otras tres sesiones de cinco minutos, con un minuto de descanso entre ellas; en el tercero, estudiaron el texto cinco minutos y luego realizaron un mapa conceptual sobre él en los veinticinco minutos siguientes, habiéndoseles enseñado previamente estrategias para mejorar su realización; y en el cuarto, los alumnos estudiaron el texto durante cinco minutos y luego intentaron recordar lo más significativo de él a través de una prueba con ordenador durante diez minutos, proceso que volverían a repetir. Como se puede advertir, en las condiciones experimentales tercera y cuarta los alumnos invirtieron el mismo tiempo.

Al cabo de una semana, todos los estudiantes realizaron un examen en el que debían responder cuestiones relacionadas con hechos concretos del texto estudiado y otras en las que debían realizar ciertas deducciones sobre él. Pues bien, los resultados fueron claros. Aquellos que intentaron recordar lo más significativo del texto realizando los test obtuvieron los mejores resultados en los dos tipos de preguntas planteadas, muy por encima de quienes habían hecho los mapas conceptuales o de quienes habían usado

el estudio repetitivo, que es la estrategia más utilizada en la práctica por los alumnos, y que era la que creían —los mismos participantes del experimento—que iba a mejorar más el aprendizaje, a diferencia de la práctica del recuerdo, que era la que consideraban menos influyente.

Querer aprender un determinado material de estudio y dedicarle mucho tiempo no garantiza el aprendizaje, porque si ya se ha captado la idea básica, repetirla continuamente no mejorará la memoria a largo plazo. Ponerte a prueba intentando recordar las ideas básicas de lo estudiado es una forma de no engañarte, aunque es obvio que para el alumno resulta más fácil mirar el libro o los apuntes que hacer el esfuerzo de intentar recordar la información más relevante. No obstante, se ha comprobado que tener un texto subrayado, por ejemplo, puede hacer creer que es algo beneficioso, pero no es así, porque se crean lo que los investigadores llaman *ilusiones de competencia* (Karpicke *et al.*, 2009), dado que la información no está almacenada en el cerebro. Otra cuestión diferente es resumir conceptos clave o apuntar en el margen del texto, porque el mero hecho de escribir a mano permitirá construir estructuras neurales más fuertes que simplemente subrayar (Oakley, 2014).

La práctica del recuerdo es una técnica muy eficaz y fácil de incorporar tanto en los hábitos de estudio individual como en el aula. En el primer caso, utilizando las famosas *flashcards* o tarjetas de aprendizaje, por ejemplo, y en el segundo, a través de pequeñas pruebas frecuentes de no más de cinco o diez minutos durante el desarrollo de la unidad didáctica, algo que se ha probado con éxito incluso con alumnos de Educación Primaria (Karpicke *et al.*, 2016). Recordemos en todo caso la importancia de los recursos tecnológicos en el aula, como, por ejemplo, la utilización de los *clickers*, herramientas de votación sin cable que permiten a los alumnos interactuar con el material presentado. O insertar pequeños test durante la presentación del video, algo que se ha comprobado que es muy eficaz para mantener la atención y optimizar el aprendizaje (Schacter y Spuznar, 2015), como es el caso de los MOOC, los populares cursos abiertos en línea. Y ello se puede replicar en el aula con programas como Socrative o Kahoot!, que permiten al docente hacer test rápidos y que los alumnos pueden responder inmediatamente desde sus tabletas o móviles.

—Práctica espaciada: ¡date un respiro!:

Ya hemos comentado que la práctica continua nos protege contra el olvido y facilita la automatización de muchos procesos, con lo que crece la probabilidad de que los conocimientos adquiridos puedan transferirse a nuevas situaciones de aprendizaje. Sin embargo, independientemente de la materia de estudio, las investigaciones demuestran que cuando se distribuye la práctica en el tiempo los alumnos aprenden mejor y tienen más tiempo para reflexionar sobre lo que están aprendiendo. Además, constituye una estupenda forma de optimizar la motivación de logro y de combatir el aburrimiento que pueda ocasionar la repetición de una tarea cuando esta no permite una excesiva variedad de planteamientos. Este efecto, ampliamente estudiado por la psicología cognitiva desde hace muchos años, sugiere que los resultados en las pruebas de aprendizaje mejoran cuando se separan las sesiones dedicadas al estudio. Es mucho más productivo que invertir el mismo tiempo a una única sesión; es decir, dos sesiones de estudio de treinta minutos serán más provechosas que una única sesión de sesenta minutos, algo que por otra parte también puede combatir la tan temida procrastinación. La pregunta inmediata que nos planteamos es: ¿cuál es el intervalo de tiempo ideal entre sesiones para mejorar el aprendizaje?

Algunos estudios iniciales sugerían que dejar intervalos de tiempo mayores mejoraría el almacenamiento de información en la memoria a largo plazo. Así, por ejemplo, los participantes de un interesante experimento debían aprender la traducción al inglés de varias palabras en castellano durante seis sesiones de aprendizaje separadas por cero días —todas las sesiones se impartían el mismo día—, un día o treinta días. Cuando todos ellos realizaron una prueba de vocabulario un mes después del experimento, se comprobó que aquellos que intervinieron en la separación de treinta días entre sesiones de estudio obtuvieron los mejores resultados, y no solo eso, sino que ocho años después seguían recordando más palabras que el resto de participantes del estudio original (Bahrick y Phelps, 1987). Sin embargo, estudios posteriores han revelado que no siempre un incremento del intervalo de tiempo entre sesiones produce los mejores resultados de aprendizaje.

Cepeda y sus colaboradores (2008) analizaron esta cuestión a través de una investigación en la que participaron 1350 adultos que, asignados de forma aleatoria, realizaron una primera sesión

de estudio que luego repetían entre 0 y 105 días, según las condiciones experimentales. Todos los participantes realizaron un examen final sobre lo estudiado cuando habían pasado 7, 35, 70 o 350 días —no todas las combinaciones son posibles, evidentemente—. Los resultados revelaron que cuando el examen se realizaba a los siete días, los participantes recordaban más la información si habían dejado uno o dos días entre sesiones de estudio, pero si la prueba la realizaban a los 35 días, los mejores resultados correspondían al lapso de 11 días entre sesiones de estudio. Además, cuando se realizó el examen a los 70 días, los alumnos que puntuaron mejor fueron aquellos que habían tenido 21 días entre sesiones de estudio. Y en todos los casos, los peores resultados los obtuvieron aquellos que repitieron la sesión de estudio el mismo día. Y no olvidemos que las sesiones de estudio intensivas tienden a formar memorias rígidas que no serán útiles cuando se necesite un aprendizaje más flexible, como sucede ante inferencias o resolución de problemas.

Otras investigaciones que han analizado los efectos de estos intervalos de tiempo para tres o más sesiones de estudio sugieren que dejar intervalos de tiempo progresivamente mayores —por ejemplo, se estudia una primera vez, luego otra vez a la media hora, una tercera después de un día y una cuarta pasada una semana—, consolida mejor los conocimientos a corto plazo, mientras que separar las sesiones de estudio con intervalos de tiempo regulares —por ejemplo, se estudia la información cuatro veces con una separación entre sesiones de veinticuatro horas— produce los mejores resultados a largo plazo (Carpenter *et al.*, 2012).

Los beneficios de la práctica espaciada se han comprobado en el laboratorio con una gran variedad de tareas relacionadas con cuestiones lingüísticas, conceptos matemáticos, habilidades motoras, entre otras muchas, pero también se ha probado en el contexto concreto del aula con idénticos resultados (Kapler *et al.*, 2015). Y cuando se combina la práctica espaciada con la del recuerdo, como en el caso en el que una segunda sesión de estudio corresponde a la realización de un test, los efectos se amplifican (Rawson *et al.*, 2015).

La práctica espaciada permite consolidar lo estudiado en la memoria a largo plazo. Para justificar su eficacia, es muy útil hacer la analogía del cerebro con un músculo que solo puede aceptar una cantidad limitada de ejercicio durante una sesión de entrenamien-

to.

En lugar de dedicar una única sesión de estudio, en la que se pueden crear las ilusiones de competencia que comentábamos antes, es mejor que el alumno divida sus esfuerzos en pequeñas sesiones cortas que, por otra parte, también constituyen una estupenda forma de combatirla tendencia a postergar las tareas. Esto no significa que las sesiones de estudio más largas sean necesariamente perjudiciales, sino que lo son cuando nos excedemos en el estudio del material una vez ya hemos identificado sus ideas fundamentales. En la práctica, las investigaciones analizadas aconsejan adoptar un currículo en espiral como mejor forma para garantizar el aprendizaje, con la utilización y la realización de tareas acumulativas que permitan al alumno volver a revisar contenidos estudiados con anterioridad. Lamentablemente, encontramos en muchas materias una gran cantidad de unidades didácticas planificadas de forma independiente.

—Práctica intercalada: ¡alterna y progresa!:

Estamos acostumbrados a ver libros de texto o listas de ejercicios, especialmente en disciplinas científicas, donde los contenidos o problemas están agrupados por bloques o procedimientos de resolución semejantes. Sin embargo, estudios recientes están demostrando que la mejor forma de aprender consiste en ir alternando problemas o situaciones que requieran diferentes técnicas o estrategias de resolución, una práctica que guarda una relación directa con la práctica espaciada y cuyos beneficios se han demostrado con problemas de física, de matemáticas e incluso con listas de identificación de artistas (Roediger III *et al.*, 2012).

Para entender la diferencia entre ambos procedimientos, pensemos en niños a los que se les está enseñando a aplicar las operaciones de la multiplicación y la división. Una estrategia muy utilizada es la de resolver una lista con problemas en los que tienen que aplicar la multiplicación y luego otra lista de problemas en donde se aplica la división. Este tipo de agrupación por bloques puede promover un aprendizaje rápido, y esta es la impresión que tienen tanto profesores como alumnos. La alternativa a lo anterior sería intercalar, de forma aleatoria, problemas de un tipo y de otro en una misma lista.

Imaginemos que planteamos a un alumno el siguiente problema:

Una chica camina 4 km en línea recta hacia el norte y luego 3 km hacia el este. ¿A qué distancia se encuentra ahora del punto de salida?

Para resolver el problema, el alumno ha de elegir la estrategia adecuada antes de ejecutarla, y ello ya constituye un reto mucho mayor que el que supondría simplemente efectuar el cálculo pertinente porque sabe que está resolviendo una lista de problemas que corresponden al teorema de Pitágoras. Si en la lista suministrada el alumno tuviera que identificar distintos tipos de problemas, no disminuiría la actividad neural en regiones que intervienen en la memoria —es lo que ocurre cuando se presentan estímulos similares de forma repetitiva—, lo cual favorecería la reflexión. Y ello tiene un gran impacto en el aprendizaje.

En un experimento reciente en el que intervinieron 126 alumnos con edades comprendidas entre los doce y los trece años, se quiso comparar la incidencia en el aprendizaje de la práctica por bloques (aaabbbccc) respecto a la intercalada (abcbcacab) en el contexto de las matemáticas (Rohrer *et al.*, 2015). Tras tres meses resolviendo problemas de una forma o de la otra, los alumnos se examinaron un día y treinta días después y, en ambos casos, aquellos que utilizaron la práctica intercalada obtuvieron mejores resultados: el 80 % frente al 64 % tras un día, y el 74 % frente al 42 % tras treinta días. Estos resultados revelan que los beneficios de la práctica intercalada no disminuyen con el paso del tiempo y que constituyen una buena herramienta contra el olvido, debido a la pequeña variación producida en un mes —80 % frente a 74 %—. Asimismo, confirman que los procedimientos que pueden producir un rápido aprendizaje también pueden conllevar un rápido olvido, mientras que un aprendizaje inicial más difícil puede ocasionar una mejor consolidación de la información en la memoria a largo plazo.

Cuando en una sesión de estudio el alumno dedica mucho tiempo a resolver solo un tipo de problema, acaba imitando lo realizado en los anteriores. A partir del momento en que ya ha aprendido la nueva técnica, volver a repetir una y otra vez un procedimiento de resolución durante una única sesión de estudio no beneficiará la memoria a largo plazo. En este caso concreto, la adquisición

de automatismos por repetición no será beneficiosa, como podría serlo en otro tipo de aprendizajes como, por ejemplo, escribir o tocar un instrumento musical. Y recordemos que es necesario no solo conocer cómo resolver un determinado problema, sino también saber identificarlo y aplicarlo. En general, cuando ya se ha asimilado la idea básica sobre lo que se está estudiando, intercalar la práctica con enfoques o problemas distintos alejará al alumno de la mera repetición y le facilitará un pensamiento más flexible, independiente y creativo.

—Interrogación elaborativa y auto explicación, o el arte de las buenas preguntas:

Junto a las anteriores estrategias, los investigadores también han identificado la importancia de que el alumno se plantee preguntas durante las tareas de aprendizaje que le permitan explicarse y reflexionar sobre lo que está haciendo, lo que en definitiva son maneras de implicarse en el aprendizaje y de fomentar su metacognición. En concreto, se habla de dos técnicas específicas que están relacionadas y que pueden aplicarse tanto individualmente como en pequeños grupos: la interrogación elaborativa y la autoexplicación. La interrogación elaborativa consiste en hacerse preguntas sobre los hechos a los que hace referencia el texto que se está leyendo —«¿Por qué Marte tarda más en dar una vuelta alrededor del Sol que la Tierra?»—, integrando la nueva información con los conocimientos previos —«Porque está más alejado del Sol», «Porque su velocidad de traslación es menor», etc.—. Intentar responder a la pregunta planteada puede generar nuevas preguntas que ayudarán a profundizar y reflexionar sobre el tema, lo cual garantizará una mayor retención y comprensión de este. Por ejemplo, en un estudio se evaluó la eficacia de esta técnica en el contexto de un curso de biología (Smith *et al.*, 2010). Los alumnos debían leer un texto que no conocían sobre digestión humana. Los integrantes del grupo experimental respondían a una pregunta —«¿Por qué la saliva debe mezclarse con la comida para que se inicie la digestión?»— sobre alguna afirmación expuesta cada 150 palabras, aproximadamente. En el grupo control, los alumnos debían leer el texto dos veces a su propio ritmo. Al final, todos los participantes del experimento respondieron a 105 preguntas de verdadero o falso acerca de lo leído y, por supuesto, ninguna de ellas coincidía con las planteadas al grupo experimental. Los resultados revela-

ron que los alumnos que utilizaron la interrogación elaborativa obtuvieron mejores resultados en los test —el 76 % frente al 69 % de aciertos—, y no solo recordaban mejor los hechos preguntados, sino que esta forma de lectura también les permitía una mayor comprensión de partes del texto que no abarcaban las preguntas propuestas. Y tengamos en cuenta que, de promedio, el tiempo dedicado a la tarea en los dos grupos no difería en exceso —32 minutos frente a 28—. Experimentos similares apuntan también a la importancia de los conocimientos previos para el aprendizaje mediante esta técnica.

La autoexplicación consiste en explicarse a uno mismo, sea en silencio o en voz alta, cómo se relaciona lo leído en un texto con lo que ya se conoce, tomando conciencia de cómo se está desarrollando el pensamiento. Por ejemplo, el alumno puede plantearse cuando está estudiando preguntas del tipo: «¿Qué información sobre lo que acabo de leer ya conocía?», «¿Cuál es la información novedosa?», «¿Qué necesito saber para resolver el problema?», etc., y, a partir de ellas, generar sus propias explicaciones. Es una técnica que está directamente relacionada con la interrogación elaborativa, dado que ambas estrategias conllevan un aprendizaje activo en el que los alumnos reflexionan sobre lo que están aprendiendo con las preguntas que se plantean, o expresando de otro modo la información, con sus propias palabras, para una mayor comprensión de esta (Roediger III y Pyc, 2012).

En el contexto educativo también se han analizado de forma rigurosa los beneficios de la autoexplicación sobre el aprendizaje de los alumnos. Por ejemplo, con adolescentes en la asignatura de matemáticas (Wong *et al.*, 2002). En un grupo se pedía a los estudiantes que analizaran en voz alta un teorema geométrico que no conocían, junto a una demostración de este y ejemplos de su aplicación en problemas, a partir de preguntas que se les formulaba, del tipo: «¿Qué partes de esta página leída son novedosas?», «¿A qué se refiere este enunciado?» o «¿Hay algo que todavía no comprenda?»; el resto de participantes no recibió ningún tipo de instrucción más allá de que reflexionaron sobre el teorema como siempre lo habían hecho. Al cabo de una semana, todos los alumnos participaron en un repaso general sobre el teorema que habían estudiado y al día siguiente realizaron una prueba en la que debían responder preguntas similares a las que habían practicado o hacer ciertas inferencias sobre lo estudiado. Los análisis re-

velaron que cuando las preguntas se alejaban de lo estudiado y los alumnos debían transferir los conocimientos a situaciones y problemas diferentes, aquellos que utilizaron la autoexplicación obtenían mejores resultados. Esta técnica podía suministrar el aprendizaje profundo necesario para que se produjera la abstracción y la ansiada transferencia. Y está relacionada con la búsqueda de analogías que facilitan este proceso, como cuando explicamos el concepto de la corriente eléctrica asociando el desplazamiento de los electrones en un conductor al flujo de agua en una tubería. Algo que le encanta a nuestro cerebro holístico y multisensorial.

Junto a los ejemplos anteriores, McTighe y Wiggins (2013) han identificado una serie de preguntas que son especialmente útiles de cara a facilitar la comprensión de las ideas y de los procesos clave en el aprendizaje: las preguntas esenciales. Son preguntas abiertas que invitan a la reflexión, estimulan un pensamiento más complejo, proponen ideas importantes y sugieren nuevas preguntas. Pongamos algunos ejemplos:

Historia: ¿Cómo podemos saber lo que realmente ocurrió en el pasado?

Matemáticas: ¿En qué casos la respuesta «correcta» no es la mejor solución?

Lectura: ¿Qué hacen los buenos lectores cuando no entienden un texto?

Ciencia: ¿Qué provoca que los objetos se muevan tal como lo hacen?

Arte: ¿De qué modo el arte refleja, así como configura, la cultura?

En el fondo, todo se reduce a habituar a los alumnos a cuestionarse lo que están haciendo, lo cual les permitirá afrontar mejor los nuevos retos del aprendizaje, y no solo los de la escuela. Pero siempre desde un enfoque flexible. Y aunque el aprendizaje eficiente requiere tiempo, eso no significa que se haya de convertir en un proceso desmotivador, todo lo contrario. Porque nuestro cerebro en continuo desarrollo necesita acción y movimiento.

5.

Cuerpo sano, mente sana

«La mente conoce el mundo exterior a través del cerebro, pero es igualmente cierto que el cerebro solamente puede ser informado a través del cuerpo».

ANTONIO DAMASIO

Estoy maravillado observando el comportamiento de mis alumnos adolescentes durante la clase de Educación Física al aire libre. El silencio sepulcral de la hora anterior en la que el profesor explicaba la influencia del pensamiento de filósofos clásicos en los tiempos actuales a jóvenes adormecidos que no paraban de resoplar—«Es que habla demasiado», comentaba una alumna— contrasta con su actitud actual: gritan, corren, saltan, cooperan, sonríen, se abrazan e incluso realizan jugadas creativas al ritmo que marca el ahora sí apasionado docente. ¡Menudo cambio y menudo contagio emocional! Lo cierto es que ya conocíamos los efectos beneficiosos de la actividad física para la salud física y emocional, cómo incidía de forma positiva sobre el sistema cardiovascular, el sistema inmunológico, el estado de ánimo o sobre el estrés, por ejemplo. Pero en los últimos años la neurociencia ha revelado que el ejercicio regular puede modificar el entorno químico y neuronal que favorece el aprendizaje, es decir, los beneficios son también cognitivos, algo que puede darse a cualquier edad y que, por supuesto, tiene enormes repercusiones educativas.

5.1 Bueno para el corazón, bueno para el cerebro

El proceso de adaptación continua de los seres humanos a las experiencias vitales, durante miles de años, ha posibilitado el desarrollo de nuestro cerebro plástico. Esta capacidad, moldeada a través de la evolución, nos permite movernos en un entorno cambiante y obtener así la información necesaria que garantice y mejore nuestra supervivencia. El análisis del comportamiento de determinados animales invertebrados cuyo rudimentario sistema nervioso desaparece cuando ya no tienen necesidad de moverse

(Cahill *et al.*, 2016) sugiere que nuestro cerebro, en particular, y el sistema nervioso, en general, surgieron debido al movimiento. Y si la integración de las capacidades cognitivas en las operaciones motrices era necesaria para la supervivencia del ser humano, no es casualidad que el hipocampo sea una de las regiones más influenciadas por el ejercicio físico, hasta el punto de que llega a aumentar un 2 % su volumen en personas de la tercera edad con un entrenamiento aeróbico o cardiovascular de intensidad moderada en solo un año (Erickson *et al.*, 2011). Podríamos decir que, desde una perspectiva evolutiva, el movimiento constituye una necesidad grabada en nuestros genes.

En los últimos años se han producido grandes avances en la comprensión de los mecanismos moleculares y celulares responsables de la incidencia positiva del ejercicio físico sobre el cerebro (ver diferentes niveles de actuación en la figura 9). En concreto, los niveles de la molécula BDNF (factor neurotrófico derivado del cerebro) aumentan con la actividad física y esta proteína es muy importante porque:

—Mejora la plasticidad sináptica que nos permite fortalecer las conexiones neuronales y, en definitiva, aprender. Cuando en experimentos con ratones se ha bloqueado esta molécula, se han eliminado los beneficios cognitivos de la actividad física (Goméz-Pinilla y Hillman, 2013).

—Aumenta la neurogénesis en el hipocampo, como se ha constatado en adultos de mediana edad después de solo tres meses de actividad aeróbica (Pereira *et al.*, 2007). Este proceso de formación de nuevas neuronas, algo que ya se había comprobado en otros mamíferos, facilita los procesos cognitivos.

—Aumenta la vascularización cerebral. El ejercicio físico permite crear nuevos vasos sanguíneos (*angiogénesis*). En este importante proceso, directamente relacionado con la neurogénesis, intervienen factores de crecimiento como el IGF-1 o el VEGF. El aumento de sangre en las neuronas posibilita la llegada de toda una serie de nutrientes que mejoran su funcionamiento (Van Praag *et al.*, 2014).

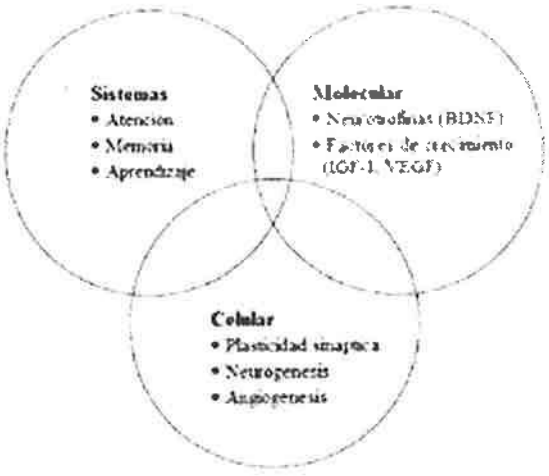

Figura 9. Distintos niveles de incidencia del ejercicio sobre el cerebro

Aparte del valor de estas moléculas, imprescindibles para mantener una buena infraestructura neuronal, también sabemos que una pequeña dosis de ejercicio físico es suficiente para incrementar los niveles de neurotransmisores básicos para una buena salud mental y que inciden, por ejemplo, en la atención (noradrenalina), el estado de ánimo (serotonina) o la motivación (dopamina), todos ellos factores imprescindibles para que pueda darse un aprendizaje eficiente y que constituyen una estupenda receta para combatir el tan temido estrés. Como comenta John Ratey (2010), en la práctica, salir a correr unos minutos puede producir los mismos efectos que una pequeña dosis de los fármacos Concerta o Prozac, pero provocando un mayor equilibrio entre neurotransmisores y, por supuesto, de forma más natural y saludable.

La mayor investigación realizada hasta la fecha que ha demostrado los efectos positivos de la actividad física a largo plazo y la importancia del estilo de vida —por encima de la genética— para mantener una buena forma, tanto física como mental, es un estudio longitudinal en el que intervinieron más de un millón de suecos —exactamente, 1 221 727— nacidos entre los años 1950 y 1976 (Aberg *et al.*, 2009). El estudio consistía en comparar datos correspondientes a los quince años, a los dieciocho y entre los veintiocho y cincuenta y cuatro años de edad. Por ejemplo, se recogió información sobre el estado físico y la inteligencia de los

participantes a los dieciocho años de edad durante las pruebas de reclutamiento del servicio militar y estos datos se compararon con los logros académicos, la situación socioeconómica o la ocupación laboral años después.

Los análisis de los resultados a los dieciocho años de edad revelaron una correlación positiva entre la resistencia cardiovascular y la capacidad intelectual de los participantes, tanto en pruebas verbales como en las relacionadas con la lógica o las de inteligencia general. En cambio, esta correlación no se encontró para los valores de fuerza. Pero quizás lo más interesante de este estudio es que demostró la incidencia directa de la actividad física sobre lo que se ha llamado *reserva cognitiva*. El análisis de los datos obtenidos en esta importante investigación no solo sugiere que las mejoras físicas entre los quince y los dieciocho años de edad predicen la capacidad intelectual a los dieciocho años, sino también que el nivel de resistencia aeróbica o cardiovascular durante la adolescencia guarda una relación directa y positiva con el nivel socioeconómico y los logros académicos en la edad adulta —mejores empleos y mayor probabilidad de obtener títulos universitarios—. Independientemente de que siguieran realizando ejercicio o no, aquellos que en su juventud sí que lo hicieron mostraron años después mejores capacidades cognitivas. Estos beneficios acumulativos de la actividad física pueden permitir alargar el efecto protector ante ciertas enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer.

Aunque la mayoría de estudios se ha centrado en comprobar los beneficios del ejercicio físico aeróbico, en condiciones anaeróbicas también se han encontrado efectos positivos. En un estudio en el que participaron estudiantes deportistas con edades por encima de los veinte años se comprobó que aquellos a los que se les sometía a una prueba de vocabulario, tras tres minutos de esprints aprendían palabras un 20 % más rápido que aquellos que o bien descansaban, o bien realizaban una larga prueba aeróbica de baja intensidad. Y sus análisis de sangre revelaron mayores niveles de BDNF, que correlacionaban con la mejora de la memoria verbal (Winter *et al.*, 2007). La demostración de que con solo unos minutos de ejercicio se puede mejorar el aprendizaje posterior sugiere la necesidad de planear descansos regulares durante la jornada escolar de cara a mejorar el rendimiento académico.

5.2 Ejercicio en niños y adolescentes: una puerta abierta a la esperanza

Aunque pueda parecer que la gran mayoría de estudios sobre los beneficios de la actividad física se restringen a personas adultas, en los últimos años se ha dado un incremento considerable de las investigaciones con niños y adolescentes en edad escolar relacionadas con sus efectos sobre ciertas competencias académicas y, en particular, sobre las funciones ejecutivas. Como los niños pasan gran parte de su tiempo en las escuelas, los centros educativos tienen una gran oportunidad para ayudarles a llevar un estilo de vida más activo y saludable. Analicemos algunos ejemplos concretos:

—*Competencias académicas:*

En un metaanálisis de 44 estudios en el que participaron alumnos con edades entre los cuatro y los dieciocho años se halló una correlación positiva entre la actividad física y el aprendizaje. Se evaluaron ocho categorías cognitivas que incluían habilidades perceptivas, cociente de inteligencia, rendimiento, pruebas verbales, pruebas matemáticas, memoria, nivel académico y una última en la que se incorporaban áreas diversas relacionadas con la creatividad o la concentración. Los resultados revelaron que el ejercicio físico fue beneficioso para todas las categorías, salvo para la memoria. Aunque este efecto positivo se encontró en todas los grupos asignados por edades, fue mayor en los niños de los grupos entre 4-7 años y 11-13 años que en los de 8-10 años y 14-18 años (Sibley y Etnier, 2003).

En una revisión posterior de 50 estudios en la que se analizó la incidencia de la actividad física —en donde se incluían también las clases de educación física— en el rendimiento académico de los estudiantes en edad escolar, se comprobó que el 50,5 % de las asociaciones encontradas fueron positivas, el 48 % no produjeron efectos significativos y solo el 1,5 % fueron negativas (Rasberry *et al.*, 2011). Los autores ponían en duda las medidas tomadas en una enorme cantidad de escuelas americanas de eliminar o reducir drásticamente las clases de educación física, o los mismos recreos, para poder dedicar más tiempo a otras materias, supuestamente más importantes, con el único fin de mejorar los resultados de los alumnos en las pruebas de evaluación externas.

Con respecto a competencias curriculares concretas, un estudio evaluó la comprensión lectora, la ortografía y las operaciones

aritméticas de 20 niños de nueve años de edad utilizando dos condiciones experimentales diferentes: después de veinte minutos caminando en una cinta de correr a un ritmo moderadamente alto o tras un periodo de descanso de también veinte minutos. Los resultados no ofrecieron ninguna duda: al igual que en los experimentos con adultos, los niños mejoraron su concentración durante la tarea tras la sesión de ejercicio físico y obtuvieron mejores resultados en todos los test, especialmente en el de lectura (Hillman *et al.*, 2009; ver figura 10).

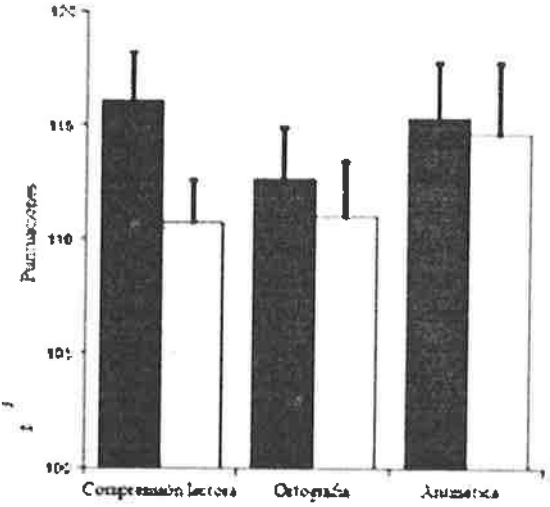

Figura 10. Resultados en las pruebas académicas (en negro, tras la sesión de ejercicio; adaptación de Hillman et al., 2009)

La explicación a estos resultados hay que buscarla en los estudios que utilizan técnicas de visualización cerebral y que ya se están aplicando con los más jóvenes. La misma relación directa entre el ejercicio físico, el volumen del hipocampo y la memoria que se había identificado en animales y en personas adultas también se ha encontrado en niños de nueve y diez años. Los que a esa edad tienen una mayor capacidad cardiovascular también presentan un mayor volumen del hipocampo y, como consecuencia, se desenvuelven mejor en tareas que requieren la memoria explícita (Chaddock *et al.*, 2010), el tipo de memoria que predomina en el aula. Y estos niños también tienen mayores ganglios basales (Erickson *et al.*, 2015), un conjunto de núcleos subcorticales implicados en

el aprendizaje motor y en la memoria implícita.

—Funciones ejecutivas:

El análisis de programas de educación física aplicados durante el curso escolar también ha suministrado información relevante sobre los beneficios del ejercicio físico en el rendimiento académico de los alumnos, al incidir positivamente sobre factores críticos del aprendizaje como el autocontrol, la memoria de trabajo o la atención.

En una investigación que utilizó la técnica de la resonancia magnética funcional, se estudiaron los efectos producidos por un programa de ejercicio físico extraescolar, que duró nueve meses, sobre el cerebro en niños de ocho y nueve años que se ejercitaban sesenta minutos en cada una de las cinco sesiones semanales programadas. Las neuroimágenes revelaron que aquellos que participaron en el programa mostraron patrones específicos de activación de la corteza prefrontal y de la corteza cingulada anterior que iban acompañados de una mejora en tareas específicas que requerían un gran autocontrol, junto con otras funciones ejecutivas asociadas (Chaddock *et al.*, 2013). Esto es especialmente importante, dada la enorme influencia del autocontrol en los procesos emocionales y cognitivos que afectan directamente el rendimiento académico del alumnado. Y una forma sencilla de entrenar el autocontrol —y las funciones ejecutivas, en general— es practicar deportes de equipo en donde se requiere una rápida anticipación y adaptación a los cambios constantes que se dan en el campo, como es el caso del fútbol o el baloncesto, entre otros muchos. En un programa de similares características en el que participaron 43 niños con edades comprendidas entre los siete y los nueve años, se quiso analizar los efectos del ejercicio físico sobre la memoria de trabajo en la infancia. Aunque el programa se centraba en la actividad cardiovascular, también se diseñaron actividades específicas para mejorar la fuerza en las que se utilizaban bandas elásticas o balones medicinales. Los análisis demostraron que los niños que formaron parte del grupo experimental mejoraron su estado de forma físico y, junto a ello, el desempeño en la realización de tareas de discriminación de estímulos, lo cual es un indicador claro de la mejora de la memoria de trabajo (Kamijo *et al.*, 2011). En estos procesos de autorregulación emocional que son tan importantes para el aprendizaje interviene la atención ejecu-

tiva, tal como veíamos en el capítulo 3. Pues bien, una de las formas básicas para mejorar esta crucial atención ejecutiva que nos permite concentramos en las tareas es realizar ejercicio físico, algo que se ha comprobado en distintas franjas de edad.

En una investigación en la que se aplicó en horario escolar un programa de ejercicio físico de treinta minutos, predominantemente aeróbico, a estudiantes de trece y catorce años, se comprobó que mejoraron su rendimiento en tareas de discriminación visual que requerían una gran atención ejecutiva, en comparación con aquellos que realizaron un descanso activo de cinco minutos (Kubesch *et al.*, 2009). Datos similares se obtuvieron en el programa de actividad física FITKids que se aplicó en horario extraescolar durante nueve meses a alumnos con edades entre siete y nueve años y que complementaba la investigación citada anteriormente sobre el autocontrol. El análisis de los encefalogramas reveló una mayor actividad cerebral en los niños que participaron en el programa mientras resolvían tareas en las que intervenían los recursos atencionales, a diferencia de los del grupo de control (Hillman *et al.*, 2014).

Y, muy recientemente, se ha comprobado la importancia de realizar breves parones de cuatro minutos en la actividad académica diaria de niños de entre nueve y once años. Ocho ciclos de movimientos rápidos —saltos, sentadillas o similares— durante 20 segundos, seguidos de descansos de 10 segundos, son suficientes para optimizar la atención necesaria que requiere la tarea posterior y mejorar el desempeño en ella (Ma *et al.*, 2015). Integrar el componente lúdico en la educación, junto a una mayor actividad física, es un camino directo hacia un mayor bienestar y un mejor aprendizaje.

La mejora de la función ejecutiva es importante para el aprendizaje de cualquier alumno, pero muy especialmente para los que tienen TDAH. En este caso concreto, tal como comentábamos en el capítulo 3, los beneficios del ejercicio físico se amplifican cuando se combina con una mayor actividad mental, como sucede al practicar artes marciales.

En la práctica

Como los niños pasan muchas horas en la escuela, esta debería fomentar en ellos una vida más activa y saludable. Sin embargo, en la práctica, esto no siempre se asume. Así, por ejemplo, en Estados

Unidos, país en el que existe una gran proporción de niños obesos o con sobrepeso, en muchos centros se ha reducido, e incluso erradicado, el horario destinado a las clases de educación física. Y eso se ha hecho para poder dedicar más tiempo a aquellas materias que se han considerado, tradicionalmente, más importantes, y obtener así mejores resultados en las pruebas de evaluación externas, algo que está en plena discordancia con los estudios que hemos analizado. En España, aunque sigue manteniéndose la educación física en la mayoría de las etapas educativas —aunque con una asignación de tiempo inferior a la necesaria—, suele desplazarse a las últimas horas de la jornada escolar. No obstante, lo ideal sería colocarla en el inicio del horario escolar para aprovechar sus efectos beneficiosos sobre neurotransmisores que mejoran la concentración y la atención de los alumnos en las tareas y, con ello, su rendimiento. Esto sería especialmente útil para los adolescentes, porque el ejercicio físico serviría como activador, dadas sus mayores necesidades de sueño, tal como comentaremos más adelante en este mismo capítulo. De hecho, existe ya una investigación que sugiere los beneficios cognitivos de la educación física en las primeras horas del día. Tras una sesión intensa de ejercicio aeróbico, los estudiantes adolescentes obtenían los mejores resultados en una prueba matemática en las clases de la primera o tercera hora del día, y los peores en la última (Travlos, 2010). Y recientemente se han comprobado los beneficios de los programas de ejercicio físico aplicados antes de la jornada escolar. Cuando los niños dedican quince o veinte minutos a correr o caminar antes del inicio de las clases, mejora su comportamiento, su concentración durante las tareas y su disposición para el aprendizaje en el inicio de la jornada escolar (Stylianou *et al.*, 2016).

Este planteamiento global ya hace un tiempo que se viene aplicando en algún centro innovador, como es el caso del programa Zero Hour de las escuelas Naperville 203, en Illinois, donde además de comenzar la jornada con una sesión aeróbica en la cinta de correr o en una bicicleta, se ofrece un método personalizado que ayuda a los alumnos a mantenerse activos físicamente a través del juego y de diversas actividades deportivas que pueden elegir según sus preferencias. Dedicar más tiempo a la actividad física ha permitido que haya mejorado el bienestar de los alumnos y que, como resultado de la mejora de sus funciones cerebrales, haya aumentado el rendimiento académico general (Ratey y Hagerman,

2010). Y esa mayor cantidad de tiempo dedicada a la educación física está en consonancia con las últimas recomendaciones sobre el tiempo semanal adecuado para optimizar la salud y el rendimiento académico de los alumnos: 150 minutos en Primaria y 225 en Secundaria, como mínimo (Castelli *et al.*, 2015).

Otra tendencia que lamentablemente está muy generalizada es la reducción del tiempo dedicado a los patios escolares. Y eso, a pesar de que sabemos que los espacios en los que se dan y las actividades que pueden realizarse mientras duran tienen una gran relevancia educativa. Las investigaciones al respecto sugieren que cuando los niños disponen de varias oportunidades de recreo mejoran su comportamiento y su rendimiento académico en el aula (Barros et al., 2009). Durante el patio, los más pequeños tienen la oportunidad de estimular la imaginación, el descubrimiento o la creatividad a través del juego libre, y los más mayores la de realizar múltiples actividades físicas. Además, en ambos casos se fomenta la participación colectiva, una necesidad cerebral básica dada la naturaleza social del ser humano, que aprende y se desarrolla, desde el nacimiento, con otros iguales. Según la Academia Americana de Pediatría, el patio constituye un componente crucial en el desarrollo social, emocional, físico y cognitivo del niño que ha de complementar —no sustituir— a la educación física (Murray y Ramstetter, 2013).

Pero todo lo comentado hasta aquí no tiene nada que ver con las actividades que promueve el famoso programa Brain Gym, en las que los niños dibujan, gatean, bostezan o beben agua de forma particular. Supuestamente, estas actividades facilitan el aprendizaje equilibrando y activando los dos hemisferios cerebrales a través de la corteza motora y sensorial. Sin embargo, no existen evidencias empíricas que demuestren la validez de las diferentes teorías en las que se basa dicho programa: la remodelación de patrones neurológicos de Doman-Delacato, la dominancia cerebral o el entrenamiento perceptivo- motriz (Guillén, 2015c). Cuando se han analizado los estudios existentes en publicaciones independientes abiertas a la revisión y a la crítica, se ha visto que ni han incidido en el rendimiento académico de los alumnos (Hyatt, 2007) ni han cumplido las condiciones mínimas que han de caracterizar una investigación de calidad y que están relacionadas con la descripción experimental, la elección de los participantes, las medidas realizadas o el análisis de datos (Spaulding, 2010). Y

para consolidar esos conocimientos que creemos que son relevantes para nosotros o que tienen un significado especial.

Asimismo, se ha demostrado la importancia del sueño cuando precede a la tarea de aprendizaje y, aunque una siesta de pocos minutos puede producir ciertas mejoras en la memoria, los mejores resultados se obtienen con periodos de tiempo más prolongados. En un estudio en el que los jóvenes participantes debían aprender una tarea numérica a las doce de la mañana y a las seis de la tarde, aquellos a los que se les permitió dormir una siesta de cien minutos entre las dos sesiones mejoraron sus resultados en la segunda, mientras que la capacidad de aprendizaje de los que estuvieron despiertos todo el día se vio mermada (Mander *et al.*, 2011). Estos beneficios útiles en la infancia y en la adolescencia son especialmente relevantes para los niños en educación infantil, porque tienen unas necesidades de sueño mayores y a menudo no duermen lo suficiente a causa de las exigencias de los horarios laborales de los padres.

Por otra parte, el sueño incide en la mejora del pensamiento creativo al facilitar la aparición de ideas ingeniosas (*insight*) que muchas veces nos permiten resolver problemas que nos provocaban esos bloqueos mentales tan comunes. Existen ejemplos muy conocidos, como el del químico Friedrich August Kekulé, quien manifestó haber descubierto la característica forma cíclica en forma de anillo de la molécula de benceno después de haber soñado con una serpiente que se mordía la cola. Wagner y sus colaboradores (2004) plantearon una serie de problemas matemáticos a un grupo de estudiantes universitarios y se les enseñó un método para resolverlos. Sin embargo, no se les advirtió de que existía una solución rápida e ingeniosa que podían descubrir durante el proceso de resolución. Al cabo de doce horas del entrenamiento inicial, en tomo al 20 % de los estudiantes ya eran capaces de descubrir la solución rápida, aunque si en ese periodo de tiempo se les permitía dormir ocho horas, la cifra se triplicaba y casi un 60 % del alumnado encontraba la solución creativa. Esto no sugiere que podamos aprender nueva información de forma inconsciente, sino que el sueño puede facilitar la revisión y la resolución de problemas planteados con anterioridad y cuyos contenidos nos son familiares.

5.3.2 La importancia de los cronotipos

Las necesidades de sueño son distintas para cada persona, se modifican con la edad y, en definitiva, dependen de múltiples factores. En cuanto a las necesidades particulares, en la literatura científica se conoce como «alondras» a aquellas personas que madrugan más y son más productivas a primeras horas del día, mientras que los «búhos», en contraposición, son aquellas que muestran preferencia por horarios más tardíos y que, en consonancia, se acuestan más tarde (Gale y Martyn, 1998). No existen evidencias de que estos cronotipos —constituyen extremos dentro de una gran variabilidad que pueden verse afectados con el paso de los años y por factores genéticos o ambientales— sean beneficiosos para la salud física o mental, pero pueden interferir en los horarios laborales o, en el caso que nos ocupa, en los escolares.

Con relación a la edad, se estima que la necesidad de sueño en los niños va decreciendo hasta los diez años, mientras que las necesidades en los adolescentes son mayores que en los adultos y se sitúan en nueve horas, aproximadamente (Ribeiro y Stickgold, 2014). Y no solo eso, sino que también existe en esta importante etapa educativa un desplazamiento hacia el cronotipo «búho» que retrasa la activación cognitiva por la mañana del estudiante, es decir, sus ritmos circadianos están más adaptados a los horarios de la tarde que a los de la mañana. Una de las razones por la que se cree que los adolescentes necesitan dormir más y suelen acostarse más tarde es porque los niveles de la hormona responsable de modular los patrones de sueño, la melatonina, alcanza niveles superiores y se libera de forma más tardía (Carskadon, 2011). Además, se ha descubierto que los niveles de cortisol —una hormona relacionada con la vigilia, pues presenta niveles máximos por la mañana y luego van decayendo durante el día— no decrecen en los adolescentes, como sí que lo hacen en niños de menor edad (ShirtclifF, 2012). Y cuando se analizan los encefalogramas de los adolescentes, se comprueba que existe una gran reducción de la fase de sueño de ondas lentas (Giedd, 2009), una muestra clara de la gran modificación que sufren los patrones de sueño en esta crucial etapa de la vida.

Estas particularidades las hemos analizado en la práctica con 21 alumnos adolescentes con edades comprendidas entre los dieciséis y los dieciocho años. Lo primero que hemos comprobado es que la gran mayoría no duermen lo necesario (ver figura 11). En

concreto, el 90 % de ellos duerme ocho horas o menos, y casi la mitad (43 %), duerme siete horas o menos, valores muy alejados de las recomendaciones realizadas por los expertos. No obstante, es muy interesante resaltar que el 80 % de los alumnos cree que debería dormir al menos ocho horas diarias (ver figura 12), lo cual significa que el adolescente es muy consciente de sus necesidades particulares.

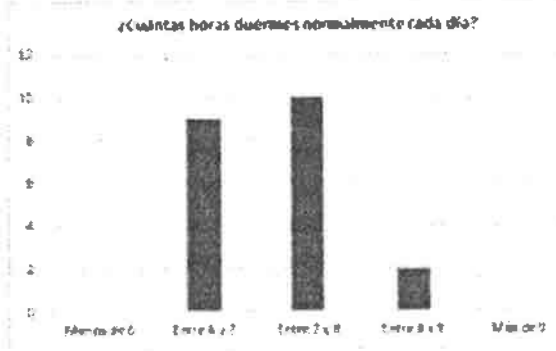

Figura 11

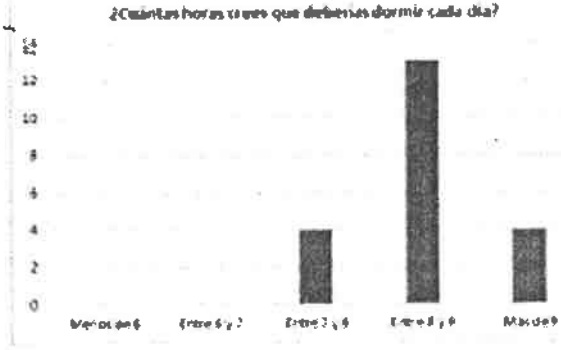

Figura 11

Solo el 19 % de los alumnos hace el intento de acostarse antes, mientras que una amplia mayoría lo hace pasada la medianoche (ver figura 13), cuando el inicio de la jornada escolar es a las ocho de la mañana, e incluso continúa algunos días por la tarde. Relacionado con esto, casi el 80 % de los alumnos reconoció que dormía con dispositivos electrónicos encendidos en la misma habita-

ción (ver figura 14), principalmente el móvil, cuando se sabe que la iluminación de estas pantallas puede inhibir la secreción normal de melatonina (Orzech *et al.*, 2016). De hecho, un interesante experimento demostró que cuando los adolescentes se exponían a un uso excesivo de televisión o juegos de ordenador antes de dormir, se veían afectados sus patrones de sueño de ondas lentas y, de rebote, su rendimiento en tareas de memoria visuoespacial y verbal, sobre todo cuando jugaban con el ordenador (Dworak *et al.*, 2007).

Figura 13

Figura 14

Los mismos alumnos criticaron de forma generalizada el horario escolar al considerar que perjudicaba claramente la concentración en las tareas escolares, debido al cansancio acumulado. No es casualidad que el 81 % de ellos reconociera sentirse cansado por

la mañana de forma ocasional o general (ver figura 15), ni que incluso algunos de ellos, principalmente los que utilizaban fármacos para el tratamiento de determinados trastornos de aprendizaje como el TDAH, sintieran la necesidad de dormir en el aula.

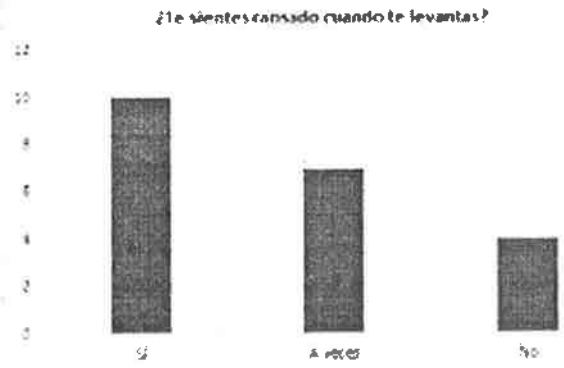

Figura 15

Este pequeño análisis en el contexto particular del aula de Bachillerato confirma el retraso del ritmo circadiano del adolescente, el cual le dificulta acostarse antes y dormir las horas necesarias. Si añadimos esto a los hábitos nutricionales tantas veces inadecuados, los efectos estimulantes de las bebidas con cafeína o el uso excesivo de las pantallas iluminadas poco antes de acostarse, el alumno duerme poco y llega cansado a la escuela, con lo que su rendimiento académico se ve perjudicado, sobre todo en las primeras horas. Es evidente que siempre disponemos de ese recurso limitado que constituye la voluntad, pero en el caso de la adolescencia, etapa de gran reestructuración y maduración cerebral, en especial del lóbulo frontal, su aprovechamiento es más complicado.

Ante esta situación, la implicación educativa inmediata sería retrasar el inicio del horario escolar, aunque esta medida topa con las necesidades laborables de las familias, e incluso con el horario de las actividades extraescolares de los propios alumnos. Sin embargo, los datos aportados por diferentes estudios longitudinales en diversas escuelas norteamericanas avalan esta solución.

En un estudio en el que intervinieron siete escuelas de Secundaria en Minneapolis (Minnesota) a partir de 1997, y en el que participaron 12 000 estudiantes durante cuatro años, se analizó

cómo afectaba un cambio en el horario de entrada de 7:15 a 8:40 de la mañana. Y aunque el 60% de los profesores creía que el mejor horario de comienzo de las clases para el buen desempeño académico de los alumnos era las ocho de la mañana o antes, las mejoras en asistencia, tasa de matriculación o estado físico y anímico del alumnado fueron sustanciales (Wahlstrom, 2002).

En otro estudio en el que participaron catorce escuelas de Secundaria del condado de Wake (Carolina del Norte) entre los años 1999 y 2006, se analizó cómo afectaba la variación del horario de entrada. Los resultados académicos en matemáticas y en comprensión lectora de los estudiantes de las escuelas que retrasaron una hora el inicio de las clases mejoraron respecto de los obtenidos en las escuelas que los habían adelantado (Edwards, 2012).

Finalmente, en un tercer estudio en el que participaron adolescentes con edades entre los catorce y los dieciocho años, un retraso en el inicio de la jomada escolar de solo media hora —de 8:00 a 8:30— se tradujo en un incremento del 16 % al 55 % de alumnos que dormían como mínimo ocho horas, así como en una mayor motivación y asistencia a clase (Owens *et al.*, 2010). Esta investigación está en consonancia con otra posterior que se llevó a cabo en Suiza en la que participaron 2716 adolescentes y en la cual se demostró que los alumnos que comenzaron las clases veinte minutos más tarde estaban menos cansados que el resto y, en general, aquellos que dormían menos de ocho horas mostraron actitudes y comportamientos más negativos y peores resultados en matemáticas y lengua alemana que los compañeros que dormían más (Perkinson-Gloor *et al.*, 2013).

En la práctica

Hemos visto que las investigaciones en neurociencia parecen demostrar que el sueño es imprescindible para mantener nuestro cerebro en un estado óptimo, ya que favorece la neuroplasticidad necesaria para fortalecer y regenerar circuitos neuronales utilizados durante la vigilia. Es este efecto reparador el que nos permite adquirir, consolidar e integrar las memorias y, en definitiva, aprender. Por otra parte, es especialmente importante en algunas etapas críticas del proceso de maduración cerebral, como ocurre en la adolescencia. Sabemos que muchos adolescentes no duermen las horas necesarias y ello repercute negativamente en el plano conductual, emocional y cognitivo, lo cual merma su rendi-

miento académico. Todo esto conlleva importantes implicaciones educativas en el aula. Mencionemos algunas de ellas:

—*Más tarde es mejor.* Lo ideal sería retrasar el horario escolar, por lo que comenzar las clases a las nueve sería mejor que hacerlo a las ocho. Si no es posible, y para optimizar la actividad cognitiva, especialmente en la adolescencia, es adecuado retrasar la realización de los exámenes, pruebas de calificación u otro tipo de tareas complejas hasta avanzada la mañana, o ya durante la media tarde. A las once mejor que a las ocho.

—*¡Luces y acción!* Sabemos que las aulas bien iluminadas tienen un efecto beneficioso sobre la atención y el aprendizaje de los alumnos, pero además constituyen una de las formas más eficaces para inhibir la producción de melatonina, como comentábamos con anterioridad. Generar el entorno físico adecuado para el aprendizaje constituye una responsabilidad de los centros educativos.

—*Somos diferentes.* A la hora de planificar las unidades didácticas, el profesor ha de asumir que su ritmo circadiano no coincide con el de sus alumnos. Para evitar los periodos fisiológicos de bajo rendimiento mental —bastante coincidentes entre los alumnos—, los cuales pueden darse en determinadas horas del día como, por ejemplo, entre la una y las cuatro de la tarde en la adolescencia, se deberían modificar las tareas, haciendo que sean más activas y participativas. No es lo mismo proponer una lectura individual de treinta minutos que plantear un debate entre compañeros después de leer cinco minutos.

—*Aprovechemos y disfrutemos el tiempo.* Se ha convertido en una práctica bastante habitual que los alumnos se duerman en clase. Los profesores no lo hemos de permitir, porque si no, acaba convirtiéndose en un hábito inadecuado que puede resultar contagioso. Cada minuto de clase es relevante en el proceso de formación de los ciudadanos del futuro. Hagamos que los alumnos sean protagonistas de su proceso de aprendizaje por medio de actividades participativas que fomenten el trabajo cooperativo y que sean motivadoras.

—*La educación siempre compartida.* Los profesores hemos de compartir las investigaciones en neurociencia y psicología cognitiva sobre los efectos beneficiosos del sueño que se considera adecuado y de las necesidades particulares en cada una de las

etapas educativas con los propios alumnos y con las familias. La adquisición de determinados hábitos, como apagar los aparatos eléctricos con antelación, reducir la ingesta de bebidas con cafeína o seguir una rutina relajante antes de ir a dormir también ayuda. Mostrando un estilo de vida activo y saludable, los adultos podemos favorecer un aprendizaje por imitación que resulta muy efectivo. Y, desde esta perspectiva, no se debe obviar la responsabilidad familiar.

5.4 Somos lo que comemos

Sabemos que las necesidades energéticas de nuestro cerebro son muy altas: como mínimo, representan el 20 % del consumo energético corporal. Pero no todas las calorías tienen la misma incidencia sobre nuestras capacidades cognitivas y estados anímicos. Y aunque nuestro cerebro es el resultado de lo que comemos, también es muy importante cuándo lo comemos.

Se ha comprobado que la buena alimentación y un estilo de vida sano afectan positivamente a nuestro cerebro a través de toda una serie de procesos moleculares y celulares asociados al metabolismo energético y a la plasticidad sináptica, que son fundamentales para la transmisión y el procesamiento de la información en el cerebro (Gómez-Pinilla y Tyagi, 2013; ver figura 16).

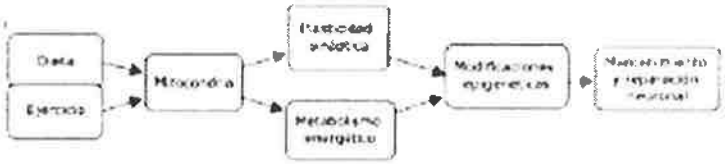

Figura 16. Incidencia de la alimentación y el ejercicio sobre el funcionamiento neuronal

A ello puede contribuir una dieta variada en la que estén presentes algunos nutrientes concretos. Este es el caso de la dieta mediterránea, caracterizada por un alto consumo de verduras, frutas, cereales, pescados o grasas insaturadas, como las del aceite de oliva. Por ejemplo, los ácidos grasos omega 3, en especial el DHA (ácido docosahexaenoico), que está presente en el pescado azul —como el salmón—, son muy importantes para el buen funcionamiento de las neuronas porque forman parte de sus membranas. Estos omega 3 pueden incrementar los niveles de BDNF —al igual

que ocurre con el ejercicio físico-- al favorecer la transmisión de información entre neuronas, incluso a través de cambios epigenéticos (Dauncey, 2015), cambios reversibles de ADN que hacen que unos genes se expresen o no dependiendo de las condiciones ambientales. De hecho, se han hallado niveles más bajos de DHA en niños con peor rendimiento académico (Montgomery *et al.*, 2013). Y si los omega 3 son importantes, también lo son los polifenoles —presentes en los frutos rojos, el vino tinto o el chocolate negro —, porque mejoran aspectos de las funciones sinápticas debido a su efecto antioxidante (Meeusen, 2014). Estudios muy recientes han identificado los beneficios cognitivos de la dieta mediterránea, especialmente en lo referente a la memoria y las funciones ejecutivas (Hardman *et al.*, 2016). Por el contrario, cuando existe un exceso calórico derivado de un predominio de grasas en la dieta, se reduce la sensibilidad de los receptores NMDA (Valladolid-Acebes *et al.*, 2012), moléculas que intervienen en la plasticidad neuronal, que hace posible la formación de la memoria en el hipocampo o en la corteza cerebral.

La nutrición es esencial en los primeros años de vida, sobre todo los alimentos ricos en proteínas — como el pescado, las carnes magras o los productos lácteos con poca grasa—, porque intervienen en el desarrollo neuronal. Así, una dieta de mayor calidad durante los tres primeros años tiene un efecto positivo en la capacidad verbal y no verbal de los niños a los diez años de edad. En cambio, una mala nutrición durante el primer año de vida está asociada a un mayor deterioro cognitivo en la adultez (Waber *et al.*, 2014). Y esta nutrición inadecuada podría explicar, en parte, el menor desarrollo de la corteza cerebral que se ha detectado en niños que han crecido en entornos de pobreza (Noble *et al.*, 2015).

5.4.1 El poder del desayuno

En cuanto a la adolescencia, tal como comentábamos en el apartado dedicado al sueño, nuestros propios alumnos manifestaban sentirse cansados con frecuencia durante la mañana. Esto podía argumentarse por que la gran mayoría no dormía las horas suficientes. Pero indagando un poco más, comprobamos que muchos de ellos no seguían hábitos nutrícionales adecuados. En concreto, varios alumnos no desayunaban, algo que está muy generalizado entre los adolescentes (Adolphus *et al., 2015* y que puede contribuir a la fatiga, tanto física como mental.

Cuando se ha analizado el rendimiento académico de niños y adolescentes que desayunan respecto a los que no lo hacen, se ha visto, en especial para los menores de trece años, que los que desayunan se desenvuelven mejor en tareas escolares que requieren atención y memoria y en la resolución de problemas, y que acaban obteniendo mejores resultados en pruebas matemáticas (Adolphus *et al.*, 2013). Estos efectos positivos son menos claros en lo que tiene que ver con la incidencia sobre cuestiones conductuales.

En la práctica, entre las medidas que se podrían aplicar están los programas de desayunos escolares, los cuales se han probado con mucho éxito en varios países. Paralelamente, es básico compartir con el alumnado los conocimientos y experiencias relacionados con los hábitos nutricionales. A pesar de que no hay consenso sobre cuál sería el tipo de desayuno más beneficioso, sí que conocemos ciertas pautas generales que pueden beneficiar esta comida y el resto de las que se realizan durante el día. Así, por ejemplo, sabemos que las necesidades energéticas del cerebro durante el día requieren la mayor cantidad de hidratos de carbono en la primera comida, y también que el buen funcionamiento del hipocampo y de las regiones que intervienen en las funciones ejecutivas requiere una cierta cantidad matinal de proteínas (Hasz y Lamport, 2012). Respecto a esto último, el cerebro utiliza el aminoácido tirosina, que se encuentra en alimentos ricos en proteínas como lácteos, huevos, carnes o pescado, para sintetizar neurotransmisores como la noradrenalina o la dopamina, de capital importancia en los procesos de atención y aprendizaje (Jensen, 2008). Ello indica que no se debe restringir el desayuno a alimentos con hidratos de carbono presentes en el pan o los cereales, entre otros. Ya lo dice el sabio refranero: «Desayuna como un rey, come como un príncipe y cena como un mendigo». Aunque...

5.4.2 Más comidas

Está claro que el desayuno puede afectar al rendimiento académico de los niños y los adolescentes. Pero otra cuestión diferente, que suele pasarse por alto, es mantener los niveles de azúcar (glucosa) en sangre estables, a fin de evitar esos bajones energéticos que todos conocemos. Para ello, no es lo más recomendable limitarse únicamente a las tres comidas tradicionales. Para combatir la fatiga es muy útil realizar varias pequeñas comidas al día, con las cuales se pueden mantener estables los niveles de azúcar y evi-

tar, así, los picos de insulina que producen aletargamiento, como puede ocurrir tras una comida copiosa en la que predominen los hidratos de carbono con un alto índice glucémico de absorción más rápida.

Si los niños tienen bajos niveles de glucosa durante las tareas académicas, puede verse perjudicado el aprendizaje y el rendimiento cognitivo (Ortiz, 2009), y es importante recordar que la pérdida de concentración puede originarse por el excesivo tiempo transcurrido entre las comidas correspondientes. De hecho, una reciente investigación ha demostrado que durante el ayuno aumentan los niveles de la hormona responsable de la sensación de hambre (grelina), que altera nuestra capacidad de autocontrol y que nos hace actuar de forma impulsiva (Anderberg *et al.*, 2016).

Los niveles adecuados de glucemia se pueden facilitar en el transcurso de la jornada escolar si los alumnos toman un tentempié en forma de bocadillo, fruta o yogur, aparte del desayuno, por supuesto. Una comida rica en proteínas y vitaminas garantizará un buen rendimiento intelectual por la tarde, y la merienda debería aportar más hidratos de carbono que la cena porque las necesidades energéticas tras la última comida del día son mucho menores. En la cena habría que evitar los alimentos y las bebidas estimulantes, dado que perjudican el sueño reparador, decisivo de cara al aprendizaje.

5.4.3 ¿Y el vagua?

Es sabido que una buena hidratación es indispensable para la salud y el bienestar personal. Pero ¿está justificada la desorbitada fascinación que muestran por la ingesta de agua ciertos programas educativos?

Lo que se sabe es que la deshidratación, incluso en pequeñas proporciones, puede perjudicar capacidades cognitivas asociadas a la memoria a corto plazo o a la percepción visual, además del estado de ánimo, especialmente en niños y en personas de edad avanzada (Masento *et al.*, 2014). Y no podemos ignorar las condiciones ambientales en las que se encuentra el alumno, porque el ejercicio físico o las altas temperaturas pueden aumentar las necesidades hídricas. En estos contextos especiales, el sistema de vigilancia desarrollado por nuestro cerebro que nos hace sentir sed y que anula el riesgo de que nos olvidemos de beber agua, es menos fiable. Sin embargo, una cuestión diferente es que nece-

sitemos beber ocho vasos de agua al día porque, de lo contrario, el tamaño de nuestro cerebro disminuirá, o que los niños en situaciones normales sean proclives a la deshidratación voluntaria. Como bien plantea el neurocientífico Paul Howard-Jones (2011, p. 70): «Animar a los niños a que beban agua y permitir que lo hagan cuando tengan sed es un enfoque más prudente que vigilar constantemente la cantidad de agua que consumen». No obstante, en un estudio muy reciente en el que han intervenido prestigiosos investigadores de la Universidad de Illinois se ha encontrado una asociación entre el consumo de agua en niños de ocho y nueve años de edad y el desempeño en una tarea de inhibición: un mayor consumo de agua parece que permitiría a los niños un mejor rendimiento en tareas que requieren un buen uso de las funciones ejecutivas del cerebro (Khan *et al.*, 2015). Como siempre pasa en ciencia, esperamos nuevas investigaciones.

El cuerpo es más importante de lo que creíamos años atrás. Sabemos que nuestros sentimientos y pensamientos repercuten en la forma de actuar, pero también que nuestra forma de actuar modifica los sentimientos y los pensamientos. De ahí que se hable de *cognición corporizada*, dado que los sistemas neurales que intervienen en la planificación y la ejecución de las acciones también lo hacen para interpretarlas y dotarlas de significado. Aún más, se ha comprobado que los gestos y los movimientos que acompañan a las explicaciones activan regiones sensoriomotoras del cerebro que facilitan el aprendizaje (Kontra *et al.*, 2015). Y es que, como le gusta decir a Giacomo Rizzolatti, el descubridor de las neuronas espejo, el cerebro que actúa es un cerebro que comprende.

6.

Juego, me divierto y aprendo

«¡Imagina que pudiéramos enseñarles matemáticas a los niños porque quisieran jugar!»

DAPHNE BAVELIER

Me siento entusiasmado en una clase de educación infantil a la que me han invitado. Percibo un ambiente vivo, acogedor, estimulante, con identidad propia, que invita a una gran variedad de actividades a niños de edades diferentes. En una de ellas, un niño de tres años manipula una serie de bloques de distintos volúmenes con el supuesto objetivo de crear la estructura con la mayor altura posible. Coloca un bloque, otro, se caen, se vuelven a caer, cambia la distribución, la vuelve a cambiar, analiza, prueba, se equivoca, rectifica, se vuelve a equivocar... y así durante unos minutos hasta que consigue dar con una distribución de bloques estable que garantiza la construcción deseada. Su rostro sonriente refleja la alegría del descubrimiento, el placer del aprendizaje. Y ello sin necesidad de ninguna intervención extema. Jugando, ha disfrutado el proceso y, así, ha sido capaz de no distraerse ante los estímulos externos del aula y de resolver la tarea focalizando la atención y perseverando ante su pequeño reto.

6.1 El juego: una necesidad cerebral

El juego constituye un mecanismo natural arraigado genéticamente que despierta la curiosidad, es placentero y nos permite adquirir una serie de competencias imprescindibles para la vida que están en plena consonancia con la naturaleza social del ser humano. El niño posee unos mecanismos cerebrales innatos que le permiten, a los pocos meses de edad, ir conociendo el mundo que lo envuelve y aprender a desenvolverse en él jugando, sin la necesidad de tener ningún profesor a su lado. Al jugar realizamos continuas predicciones y cuando recibimos información de que lo realizado supera las expectativas iniciales existe una mayor activación de las neuronas en el núcleo *accumbens*, que liberan dopa-

mina y nos motivan a repetir la acción. El atractivo de la incertidumbre, de lo novedoso o del desafío adecuado es lo que permite activar el sistema de recompensa cerebral que despierta nuestro interés por el juego y, junto al *feedback* continuo generado con que podemos asumir con naturalidad los errores cometidos, nos hace persistir en la tarea y, en definitiva, aprender. Porque, junto a la activación del sistema de recompensa cerebral durante el juego, se ha identificado una gran desactivación de la llamada *red neuronal por defecto*, que interviene en procesos de autoconciencia o cuando dejamos vagar la mente. Esto propicia dirigir la atención hacia los estímulos externos —y no a los internos— y, con ello, hacia el aprendizaje (Howard-Jones *et al.*, 2016).

En experimentos con ratas —cuya utilización responde a que tienen una estructura y un funcionamiento cerebral conocidos y a que poseen una genética similar a la nuestra—, se ha comprobado que cuando se impide jugar a las crías se altera el desarrollo normal de su cerebro, y en el futuro esto se manifiesta en déficits de comportamiento social y conductas impulsivas y agresivas ante estímulos novedosos. Sin embargo, aquellas que juegan con normalidad presentan niveles significativamente más altos de BDNF, el factor de crecimiento liberado como consecuencia de la actividad física, imprescindible para la plasticidad neural y la neurogénesis, como ya vimos. Aunque algunos de los experimentos realizados con ratas, obviamente, no pueden ser replicados en seres humanos, existen indicios que apuntarían a que los niños a los que se les impide jugar con normalidad tendrían mayor probabilidad de desarrollar en el futuro problemas de personalidad, impulsividad o una menor capacidad metacognitiva (Iliceto *et al.*, 2015). Cuando los antropólogos han observado culturas modernas de cazadores-recolectores en regiones aisladas del Amazonas, Australia o África, han comprobado que los niños y adolescentes de estos grupos son felices, creativos, colaboradores o resilientes, básicamente, porque los propios adultos les permiten jugar y explorar libremente durante gran parte del día como medio para fomentar su autonomía y de aprender las habilidades básicas que necesitarán para desenvolverse cuando sean adultos (Gray, 2013).

6.2 Fusión del juego con el aprendizaje

En general, y tal como hemos comprobado en la práctica, se ha demostrado que integrar el componente lúdico en el aula resulta

imprescindible para el aprendizaje del alumnado (Forés y Ligioiz, 2009), puesto que:

—*Resulta placentero.* Al jugar, el alumno prueba, explora, se equivoca, rectifica..., y todo ello de forma natural y disfrutando del proceso.

—*Estimula la curiosidad y la creatividad.* Jugando descubre nuevas oportunidades y se ha de ir planteando qué decisiones son las más adecuadas, lo cual le hará innovar y ser más creativo.

—*Genera autoconfianza. E\feedback* generado durante el juego hace que el alumno persevere y siga afrontando los nuevos retos. Y ello mejora la autoestima y la sensación de pertenencia al grupo, al tiempo que constituye una estupenda forma de fomentar la resiliencia.

—*Es un instrumento de expresión emocional.* Durante el juego el alumno asume su protagonismo y se manifiesta libremente expresando sus emociones con naturalidad.

—*Favorece la socialización.* Cualquier juego posee unas reglas que se han de conocer y respetar, lo cual beneficia la interiorización de pautas y normas de comportamiento social.

—*Estimula el desarrollo físico, cognitivo y so ció emocional.* Dependiendo del juego, se ejercitarán más unas funciones que otras, pero cuando los niños juegan e interactúan con otros en una actividad grupal su salud y desarrollo cerebral se ven beneficiados.

En definitiva, jugar representa una fabulosa forma de atender la diversidad en el aula y de convertir al alumno en un protagonista activo de su aprendizaje.

6.3 Juego en la infancia

Aunque los beneficios del juego no se restringen a ninguna edad ni etapa educativa concreta, está claro que es la actividad por excelencia en la infancia y que constituye un elemento imprescindible en el desarrollo del niño en los primeros años. Por esta razón, no debería limitarse el tiempo dedicado al juego en el aula de educación infantil en favor del uso de supuestas herramientas de estimulación cognitiva temprana que convierten al niño en un mero observador pasivo de un entorno totalmente descontex- tualizado.

¿Os habéis preguntado por qué un niño es capaz de utilizar antes y mejor un dispositivo electrónico o un programa informático que un adulto? A diferencia del adulto, a quien le preocupa enormemente hacer algo mal, el niño no teme equivocarse, y toca, prueba, modifica y analiza. Trasladar nuestros miedos a los pequeños perjudica su proceso natural de conocimiento y aprendizaje y ha sido una forma tradicional de coartar la curiosidad y la creatividad de tantos alumnos en la escuela. Así, por ejemplo, sabemos que la previsibilidad de un resultado influye en la cantidad de dopamina liberada por nuestro sistema de recompensa cerebral, y que es máxima cuando se sitúa en tomo al 50 % entre lo inesperado y lo completamente previsible (Schultz, 2010). Sin embargo, en el entorno escolar, los alumnos, por regla general, prefieren niveles bajos de incertidumbre y eligen tareas académicas o problemas muy por debajo de ese 50 % a fin de salvaguardar su autoestima o de prevenir las consecuencias de cometer errores ante los compañeros, siempre y cuando las tareas no se presenten como juegos, pues en tal caso, como ha demostrado Paul Howard-Jones en múltiples experimentos, los alumnos asumen más riesgos. En uno de ellos, se pidió a 50 niños de once y doce años que practicaran el cálculo matemático mental con un juego de ordenador. Los niños tenían que responder «verdadero» o «falso» a 30 cálculos del tipo 13 * 42 = 564. No obstante, antes de cada enunciado, debían elegir si querían que les preguntase el Sr. Seguro, el cual les otorgaría 1 punto por cada respuesta correcta, o el Sr. Incierto, que les daría 0 o 2 puntos, dependiendo del lanzamiento de una moneda virtual. Independientemente de quien planteara la pregunta, ante una respuesta errónea siempre se otorgarían 0 puntos. Pues bien, como se preveía, la mayoría de los niños se decantó por que les preguntase el Sr. Incierto, y esta preferencia aumentaba durante el desarrollo del juego (Howard-Jones y Demetriou, 2009). En el fondo, el atractivo emocional que sienten los niños ante el Sr. Incierto es el mismo que cuando chutan en un partido de fútbol. El gol no está asegurado y requiere sortear toda una serie de obstáculos. Y si, en efecto, consiguen marcar, eso les hará muy felices. No obstante, si no existiera portero, todo sería más fácil: si se chuta a un lugar determinado se marcará el gol y, en caso contrario, no. Esta nítida reflexión acerca del atractivo de la incertidumbre asociada al juego fue suministrada por uno de los niños que participaron en el citado experimento. Y la cuestión va mucho más allá, porque en

juegos similares en los que existe la correspondiente recompensa incierta, se favorece en los alumnos la memoria a largo plazo de la información analizada durante la tarea (Devonshire *et al.*, 2014).

Lo cierto es que los seres humanos somos curiosos por naturaleza y que nacemos con ciertas predisposiciones genéticas hacia el aprendizaje. Bebés de solo once meses de edad se sorprenden ante objetos o procesos que violan las leyes de la física, y dedican más tiempo a analizar situaciones inesperadas o irreales, como, por ejemplo, que una pelota atraviese una pared o se deje caer por un recipiente y salga por otro situado al lado. En estas situaciones, los bebés exploran y aprenden más de este tipo de objetos y son capaces de identificar sonidos asociados a los objetos que rompen sus expectativas más fácilmente que en el resto (Stahl y Feigenson, 2015).

Cuando se han analizado durante tres meses los comportamientos de niños de dos años y nueve meses jugando y realizando tareas cotidianas (Reikeras *et al.*, 2015), se ha hallado una correlación entre las habilidades motoras —ponerse la ropa, hacer puzles, comer con cuchara y tenedor, caminar sin tropezarse o lanzar una pelota, por ejemplo— y las competencias matemáticas —usar los dedos para mostrar la edad, ordenar juguetes, diferenciar tamaños a través del lenguaje corporal u oral o utilizar números, por ejemplo—. Estas habilidades motoras —básicas en el juego y en el proceso de exploración en la fase inicial de desarrollo— permiten al niño ir adquiriendo una conciencia espacial que es muy importante en las disciplinas científicas y que puede ser amplificada en años posteriores a través del juego con bloques, puzles o cualquier tarea que requiera una construcción espacial (Verdine *et al., 2014)* . Y es que podríamos decir que la manipulación manual de objetos tridimensionales durante el juego forma parte de nuestra naturaleza genética y supone un proceso indispensable para el buen desarrollo cerebral en los primeros años. Como hace notar el investigador Stuart Brown (2009): «Las manos ofrecen al cerebro el medio para relacionarse con el mundo, y el cerebro ofrece a las manos el método».

Y, como buen ejemplo de ello, el propio Brown explica cómo los directivos del reconocido Jet Propulsión Laboratory, adscrito a la NASA, identificaron que los ingenieros que habían trabajado y jugado con las manos en su juventud desmontando y arreglando dispositivos eléctricos o mecánicos tenían mayor facilidad para re-

solver problemas prácticos.

Asimismo, el proceso ligado al juego y el entorno en el que se da pueden favorecer la adquisición de las competencias lingüísticas, especialmente cuando interactúan niños de edades diferentes en esta importante etapa de educación infantil. Por ejemplo, el juego simbólico, que permite al niño realizar representaciones mentales, facilita la adquisición de vocabulario —además de ser una estupenda herramienta para desarrollar el pensamiento creativo o la conciencia emocional—; los juegos que recrean historias mejoran la comprensión lectora de aquellos que participan directamente en la recreación, y la experiencia de aprendizaje se fortalece cuando el contexto en que se desarrolla el juego se enriquece con etiquetas, instrucciones, menús o símbolos lingüísticos (Christie y Roskos, 2013).

Está claro que en el juego libre los niños aprenden a tomar sus propias decisiones, a resolver problemas, a relacionarse con los demás y a respetar las normas que lo rigen. Pero desde la perspectiva educativa también puede resultar muy útil ir introduciendo el juego estructurado o dirigido, a medio camino entre el juego libre y la enseñanza directa, para ir fomentando un aprendizaje más reflexivo. Conviene, en determinadas tareas, elegir recursos que permitan a los niños identificar los errores cometidos y corregirlos ellos mismos, sin necesidad de la supervisión del maestro, de cara a promover su autonomía. Con todo, en otras situaciones los docentes podemos optimizar el aprendizaje del niño comentando con él sus descubrimientos, planteando cuestiones abiertas y cerradas que guarden relación con lo experimentado, interviniendo si es preciso y sugiriendo alternativas que por sí solos no habían pensado. Y uno de los juegos que se está demostrando de manera especial que puede beneficiar el rendimiento académico del alumno, incidiendo en sus funciones ejecutivas, es el ajedrez, que es un juego estructurado porque tiene reglas fijas que los alumnos deben aceptar e interiorizar.

6.4 Ajedrez en el aula

La práctica regular del ajedrez puede tener una incidencia positiva en el rendimiento del alumno, porque el análisis detallado de las posibles posiciones de las piezas que pueden originarse en el tablero requiere concentración, autocontrol, utilización de la inteligencia fluida, pensamiento crítico y mantenimiento de la información

visual en la memoria de trabajo, todas ellas acciones relacionadas con las funciones ejecutivas del cerebro que nos permiten tomar las decisiones adecuadas y que benefician el buen desarrollo personal y académico del niño. En consonancia con esto, los estudios con neuroimá- genes han revelado que existen patrones de activación cerebral al jugar al ajedrez: el lóbulo occipital se activa debido al procesamiento visual, mientras que el lóbulo parietal refleja el control atencional y la orientación espacial. Sin embargo, los ajedrecistas profesionales, a diferencia de los aficionados, activan más el lóbulo frontal, lo cual indica procesos de razonamiento más complejos y la utilización de la memoria de forma más selectiva (Atherton *et al.*, 2003).

Cuando los alumnos participan en programas de ajedrez extraescolares bien planificados obtienen grandes beneficios, tanto cognitivos como socioemocionales. En un estudio reciente realizado en colegios de Tenerife en que participaron 170 estudiantes de entre seis y dieciséis años, se comprobó que los escolares que intervinieron en un programa de ajedrez semanal durante el curso académico obtuvieron mejoras, tanto cognitivas como conductuales, respecto a otros alumnos que jugaron al fútbol o el baloncesto como actividades extraescolares. Las mejoras cognitivas se constataron en pruebas de atención, autocontrol, organización perceptiva, rapidez, planificación y previsión, mientras que las mejoras conductuales se vieron reflejadas en las relaciones con los demás, la capacidad para afrontar los problemas o la satisfacción mostrada ante los estudios (Aciego *et al.*, 2012). Como los propios autores comentaron, el ajedrez es un juego que constituye una potente herramienta educativa, porque, además de mejorar las capacidades cognitivas del niño o del adolescente, incide positivamente en su desarrollo personal y social.

Por otra parte, ya hay investigaciones sobre los efectos del ajedrez integrado directamente en el currículo escolar, sobre alguna disciplina concreta, como las matemáticas. En las ciudades italianas de Asti y Bérgamo, 568 niños con edades comprendidas entre los ocho y los diez años participaron en un estudio en el que 412 de ellos recibieron clases de ajedrez como una asignatura más durante todo el curso académico. A diferencia del grupo de control, los alumnos entrenados en ajedrez obtuvieron una mejora modesta, pero estadísticamente significativa, en pruebas matemáticas de resolución de problemas, y dicha mejora era proporcional al nivel

ajedrecístico alcanzado durante el curso (Trinchero, 2013). El propio autor del estudio justifica estos resultados explicando que el ajedrez permite a los alumnos mejorar su capacidad de concentración, que es necesaria para leer e interpretar de forma adecuada los enunciados de los problemas, y también les ayuda a adquirir una mayor capacidad meta- cognitiva, la cual posibilita análisis y evaluaciones más rigurosas durante el proceso de resolución. Y estas mismas mejoras pueden darse también en alumnos con necesidades educativas especiales.

Aunque se han de completar las primeras evidencias empíricas con que contamos, el niño o el adolescente, si juegan de forma regular al ajedrez pueden mejorar su capacidad de concentración y su capacidad analítica y creativa, todas ellas competencias básicas en los tiempos actuales. Esto se puede facilitar no solo dedicando a la actividad un tiempo semanal, tal como se hace con cualquiera de las asignaturas tradicionales, sino disponiendo espacios lúdicos dentro del recinto escolar dotados con el debido material que permitan desarrollar al estudiante todo su potencial creativo jugando.

6.5 El nuevo mundo digital

Las tecnologías digitales están cambiando el mundo en que vivimos y nos comunicamos y están modificando, a su vez, nuestro cerebro, lo cual afecta al modo en que aprendemos. Cuando se ha analizado mediante resonancias magnéticas el cerebro de personas sin ninguna experiencia en entornos digitales, se ha comprobado que su activación en una tarea novedosa de búsqueda de información en internet es similar a la que muestran leyendo un libro, con un predominio de la corteza visual. Sin embargo, las personas con experiencia en el uso de ordenadores, aunque al leer un texto muestran patrones de actividad cerebral similares a los de personas sin experiencia digital, cuando tienen que buscar información en Google activan una mayor cantidad de regiones cerebrales, entre las que se incluye el hipocampo o algunas zonas específicas de la corteza prefrontal, que son responsables de las funciones ejecutivas (Small *et al.*, 2009).

Debemos aceptar con naturalidad el proceso de transformación asociado a la aparición de las pantallas digitales, los reproductores musicales, los teléfonos inteligentes o las redes sociales, y ayudar a nuestro cerebro plástico a adaptarse adecuadamente a este entor-

no tecnológico con tantas repercusiones educativas y que avanza tan rápido. La tecnología ni es la salvación ni es la perdición de la educación, simplemente se ha de considerar como herramienta pedagógica que puede y debe ser muy útil si se usa como conviene y en plena consonancia con los objetivos de aprendizaje identificados. Las TIC han llegado a la escuela para quedarse y se han de manejar como recursos al servicio del aprendizaje. La utilización de animaciones (ver figura 17), líneas del tiempo, infografías, murales digitales, *screencasts,* realidad aumentada, videojuegos, etc. constituye, en el fondo, una actualización de las prácticas pedagógicas convencionales que puede ser aprovechada para atender la diversidad en el aula, como enseguida veremos.

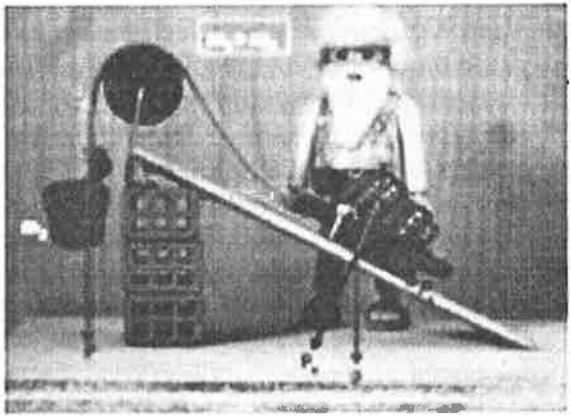

Figura 17. Animación realizada por alumnos de Secundaria sobre un problema de física con la técnica de *stop motion*

6.6 Programas y videojuegos para mejorar el aprendizaje

En muchas investigaciones en neurociencia se han utilizado aplicaciones y programas informáticos basados en el juego, con la finalidad de mejorar determinados trastornos del aprendizaje o funciones mentales y, en muchos casos, se han llegado a comercializar. La clave de los resultados tan rápidos que inducen se debe a que, a pesar de contener muchos ejercicios, se adaptan al nivel del niño y suscitan atención a través de la curiosidad y el placer por el juego. Entre estos podemos mencionar *GraphoGame,* una serie de pequeños juegos en los que el niño ha de decidir rápidamente qué letras o qué secuencia de letras corresponden a un sonido. En po-

cas semanas, los niños con riesgo de dislexia mejoran una región muy específica de la corteza visual, el *área visual de la formación de palabras,* la cual les permite ir adquiriendo la correspondencia sistemática entre letras y sonidos o, si se quiere, ir mejorando la integración de la información visual y la auditiva que proviene de los grafemas y los fonemas, respectivamente. Aún más, en fechas recientes se ha empleado una adaptación del programa para la enseñanza de la lectura en países africanos, con resultados iniciales satisfactorios (Ojanen *et al.,* 2015).

Por otro lado, *Number Race* es un juego diseñado para mejorar las capacidades numéricas de niños de entre cinco y ocho años en el cual se utiliza tanto el lenguaje no simbólico, a través de comparaciones entre cantidades, como el simbólico, que es propio de las operaciones aritméticas. Tras un entrenamiento continuado, se han identificado mejoras significativas en la comprensión numérica, deficitaria en los niños con discalculia (Wilson *et al.,* 2009). Con programas similares, como Rescue Calcularis, un entrenamiento de cinco semanas en el que los niños juegan quince minutos durante cinco días a la semana ha resultado suficiente para provocar una mejora funcional y estructural, a través de los procesos de la plasticidad cerebral, de una región clave en el procesamiento numérico: el surco intraparietal. Y de esto se pueden beneficiar todos los niños, no solo los que tienen discalculia (Kucian *et al.,* 2011).

La industria de los videojuegos mueve enormes cantidades de dinero. Pero el interés científico no ha procedido de la gran popularidad de los videojuegos entre los jóvenes, sino por su incidencia, tanto cognitiva como conductual, sobre sus usuarios. Y se ha visto que afectan de forma diferente al cerebro. A pesar de que pueda resultar sorprendente, son los videojuegos de acción —y no otros— los que repercuten más positivamente en el funcionamiento ejecutivo cerebral, al mejorar la agudeza visual, la flexibilidad cognitiva o las redes atencionales de orientación y ejecutiva (Green y Bavelier, 2015). En la práctica, estos juegos pueden utilizarse en el tratamiento de personas, incluso adultas, para mejorar, por ejemplo, la ambliopía (ojo vago), en pacientes que atraviesan procesos de rehabilitación tras un ictus, claro está, con finalidades educativas. Aunque los videojuegos de acción como *Cali ofDuty 2* pueden mejorar la capacidad para prestar atención, existen evidencias empíricas de que otros muchos también pueden incidir

positivamente en el aprendizaje (Steinkuehler y Squire, 2012): por ejemplo, el juego de simulación histórica *Civilization IV,* para entender mejor la historia del mundo y la geografía; *DragonBox* o *DimensionM,* para la enseñanza de las matemáticas; videojuegos para el ejercicio como *Dance Dance Revolution o Wii Sports* de Nintendo, para combatir estilos de vida sedentarios en los niños; videojuegos casuales como *Bejeweled II,* para mejorar el estado de ánimo y disminuir el estrés; *Minecraft,* para estimular la resolución de problemas cooperativos, y así un larguísimo etcétera. El error, la repetición y la práctica constituyen un ciclo natural en el contexto de los videojuegos, pero el factor determinante acontece cuando se consolida una práctica deliberada, no la simple acumulación de horas por parte del participante; si se juega porque es una elección personal, se aprende con mayor facilidad. Los buenos videojuegos, como señala Prensky (2011) consiguen parecer distintos para cada jugador, pues se adaptan a los intereses y capacidades individuales, suministran ayudas suplementarias en caso de necesidad y proporcionan nuevos retos que añaden dificultad. Y, junto con eso, clarifican cuáles son los objetivos y permiten alcanzarlos a través de un *feedback* que toma, a su vez, una gran diversidad de formas. Este *feedback,* crucial en el aprendizaje, ha de ser frecuente, claro, constructivo y alentador. En general, los juegos digitales pueden facilitar diferentes tipos de retroalimentación, normalmente formativa, a través de los entornos multisensoriales que ofrecen: así, puede presentarse de forma visual, recurriendo a sonidos, a través de la acción, de modo informativo o mediante contenido emocional, como cuando se empatiza con un personaje. Con todo, cabe advertir que *este feedback* suministrado de forma regular y rápida es necesario, pero no suficiente. De acuerdo con Whitton (2014), y en la línea de lo que comentábamos en el caso general de los juegos, la información proporcionada en el entorno digital ha de ser también inesperada, de modo que se promueva la autonomía y la motivación intrínseca del jugador.

Los juegos digitales, en general, y los videojuegos, en particular, no son ni buenos ni malos por sí mismos, ya que dependen del contexto familiar, social o cultural en el que se utilicen. Hay que elegirlos bien y utilizarlos con moderación. Desde la perspectiva educativa, algunas de las condiciones básicas que deben caracterizar el diseño de estos juegos son las siguientes (Hong *et al.,* 2009):

—Caracterizarse por un adecuado grado de incertidumbre.

—Garantizar una igualdad de oportunidades para permitir un juego limpio.

—Ofrecer oportunidades tanto para la competición como para la cooperación.

—Plantear retos apropiados.

—Alentar la flexibilidad en la toma de decisiones.

—Estimular la interactividad.

Todos estos rasgos definitorios de lo que es un buen juego son perfectamente conocidos por los investigadores del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), en donde se creó el *software Scratch,* una aplicación que introduce a los niños en el lenguaje de la programación informática a través de la tecnología digital y del juego: una confluencia de factores que tiene enormes repercusiones educativas.

En la práctica

—Aulas invertidas:

La clase magistral en la que el profesor —«que sabe»— transmite conocimientos sin cesar a sus alumnos —«que no saben»— sigue predominando en los centros educativos, especialmente en las etapas superiores: en Secundaria y en la Universidad. No obstante, sabemos que si se utiliza ininterrumpidamente el tradicional método expositivo en el aula no se facilita, precisamente, un aprendizaje eficiente de los alumnos. Hace poco, el grupo de investigación de Rosalind Picard probó un sensor que medía la actividad electrodér- mica, un índice de la actividad del sistema nervioso simpático asociado a la emoción y la atención. Uno de los experimentos consistía en que un estudiante del MIT de diecinueve años llevara las veinticuatro horas del día, durante una semana completa, este sensor integrado en una especie de muñequera muy fácil de colocar. De esta forma, los investigadores obtendrían información relevante sobre los patrones diarios de actividad fisiológica del joven. Y los resultados no defraudaron. Cuando se analizaron los datos estadísticos correspondientes a las tareas cotidianas, se observaron picos de actividad en la realización de los deberes, en el trabajo de laboratorio, durante los exámenes o en periodos de estudio, seguramente debido a la mayor exigencia cognitiva y al estrés generado por estas tareas —¡un poco de es-

trés no es malo!—. Sin embargo, la amplitud y la frecuencia de las ondas registradas decaían mucho cuando el alumno estaba escuchando las clases magistrales de su profesor. En ese caso, el nivel de actividad fisiológica era muy similar al que se producía cuando se encontraba tranquilamente viendo la televisión (Poh, Swenson y Picard, 2010). La adopción de la clase magistral como estrategia predominante, además de comprometer el aprendizaje eficiente del receptor de información, dado su rol pasivo, asume que todos los alumnos aprenden de la misma forma, cuando sabemos que el cerebro de cada uno de nosotros es único y que el ritmo de aprendizaje y de maduración cerebral es singular.

Para poder atender de forma adecuada la diversidad en el aula y personalizar, así, el aprendizaje —una necesidad imperiosa en la sociedad actual— es imprescindible utilizar metodologías inductivas, como el aprendizaje basado en proyectos y similares, caracterizados por proponer retos o preguntas que guían el aprendizaje. En este contexto, los alumnos van descubriendo a partir de la propia acción, y el rol del profesor se transforma, pasando a convertirse en un guía del aprendizaje a través de nuevas preguntas y retos que van fomentando la autonomía y la creatividad del alumnado. Y no solo eso, sino que estas metodologías inductivas tienen también una incidencia positiva en los resultados académicos de los alumnos y en su asistencia a clase, tal como se demostró en un reciente metaanálisis de 225 estudios en el que se compararon los resultados obtenidos por las metodologías activas frente a las tradicionales en el contexto de asignaturas universitarias de ciencias (Freeman *et al.*, 2014).

En la práctica, esto no significa que debamos abandonar por completo el tradicional método expositivo, pues sabemos permite suministrar con gran rapidez mucha información, sino que se ha de utilizar cuando sea necesario. Y esta es la razón por la que se han ideado metodologías inductivas híbridas como el *peer instruction* (instrucción entre pares') o el *flipped leaming* ('aprendizaje invertido') que sacan la transmisión de información fuera de la clase y liberan mucho tiempo de esta para que los alumnos puedan ser protagonistas activos del aprendizaje, que ahora estará basado en competencias.

Fue Eric Mazur, prestigioso profesor de la Universidad de Harvard, uno de los precursores del aprendizaje invertido al principio de la década de los noventa del siglo pasado. Utilizando los mé-

todos de enseñanza tradicionales, sus alumnos de Física estaban muy satisfechos, dado que obtenían grandes resultados académicos. No obstante, eso no bastó para un científico acostumbrado a analizar con espíritu crítico todo cuanto hacía. Cuando evaluó de forma sistemática el aprendizaje de sus alumnos, comprobó que eran incapaces de resolver múltiples problemas vinculados a situaciones reales (Mazur, 2009). Así, por ejemplo, los alumnos conocían con exactitud el enunciado de la tercera ley de Newton — a cada acción siempre se opone una reacción igual pero de sentido contrario— y podían resolver fácilmente problemas numéricos en los que la aplicaban, pero eran incapaces de analizar con precisión las fuerzas que intervienen en un choque entre un coche ligero y un camión pesado, pues muchos de ellos interpretaban que el camión ejerce una fuerza mayor, cuando en realidad, su peso es irrelevante en la situación del choque.

Así pues, Mazur ideó un método de enseñanza interactivo *(peer instruction)* en el que se produce una inversión del planteamiento tradicional basado en la exposición en el aula y los deberes, en casa: ahora, los alumnos consultan materiales antes de la clase y se familiarizan con ellos, y el tiempo en el aula se dedica a que los compañeros analicen y discutan sobre cuestiones que va planteando el profesor. Mazur comienza la clase con una breve explicación sobre el concepto que se va analizar, lo cual tiene que ver con la importancia de clarificar los objetivos de aprendizaje. Después plantea una pregunta —cuidadosamente elegida— con múltiples opciones de respuesta, que los alumnos han de responder en uno o dos minutos con un *clicker* —herramienta de votación sin cable que permite interactuar a los alumnos con el material presentado— que envía las respuestas a la pantalla de su ordenador. Si el porcentaje de aciertos es menor del 70 %, se anima a los alumnos a que discutan durante unos minutos con otros compañeros que respondieron de forma diferente. Durante este proceso, el profesor, en compañía de algunos colaboradores, participa en los análisis de los grupos promoviendo reflexiones más productivas, guiando, así, su pensamiento. A continuación, se vuelve a pedir a los alumnos que respondan a la cuestión planteada y, en el caso de que sea necesario, el profesor o los propios alumnos analizan la respuesta más adecuada. Dependiendo del desarrollo de las respuestas, se puede plantear una pregunta relacionada con la anterior o bien cambiar de tema (ver figura 18).

Más allá de un uso innovador de la tecnología —en lugar de los *clickers* se pueden usar formas de votación más sencillas—, el método ha demostrado su eficacia, básicamente, por la interacción que tiene lugar entre compañeros, la cual permite mejorar sistemáticamente el porcentaje de respuestas correctas tras el análisis colectivo e, incluso, mejora la reflexión y el aprendizaje eficiente de los alumnos (Schell, Lukoff y Mazur, 2013).

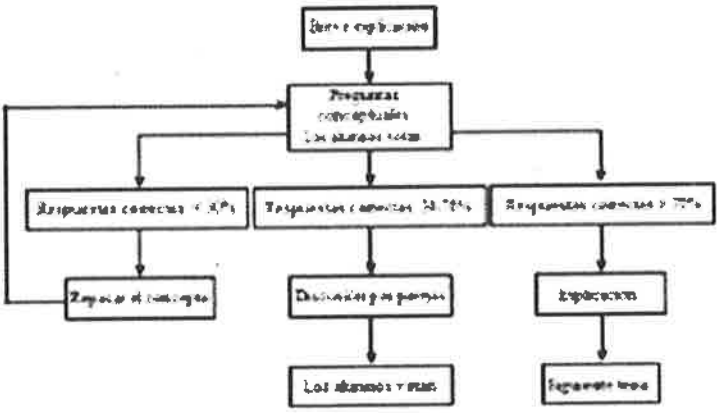

Figura 18. El modelo peer instruction

En lo referente al modelo pedagógico de la *flipped classroom*, también aquí se invierte el proceso tradicional en el aula. En casa, el alumno ve videos cortos, a su propio ritmo, relacionados con los contenidos que se están trabajando, y esta información puede consultarla cuando lo desee. En estos videos pueden insertarse preguntas que permiten identificar las cuestiones fundamentales, como se hace actualmente en los cursos virtuales MOOC, y si es preciso los alumnos pueden debatir en línea con otros compañeros y con el profesor. Por su parte, el tiempo en el aula se aprovecha para realizar tareas de aprendizaje activo que fomenten la reflexión y la adquisición de hábitos intelectuales como, por ejemplo, resolución de problemas, proyectos cooperativos o prácticas de laboratorio, con lo que el profesor puede ser más sensible a las necesidades particulares y disponer de más tiempo para abordarlas.

En el modelo de *flipped classroom* —actualmente se utiliza el término *flipped leaming* vinculado a un aprendizaje profundo y

significativo que engloba la inversión de la estructura didáctica—el aprendizaje es constructivista, la tecnología constituye una herramienta de aprendizaje, los alumnos asumen la responsabilidad ante este, los profesores son los guías del aprendizaje y se mejora la interacción entre alumnos y profesores: constituye, en definitiva, un ejemplo de educación personalizada real (Tourón *et al.*, 2014). Y si, como dicen Bergmann y Sams (2014), «la transmisión es ahora de competencias y no de información», es necesario adoptar enfoques de evaluación centrados en comprobar las competencias adquiridas por los alumnos y en los cuales estos puedan aportar valoraciones sobre el propio trabajo y el de los compañeros, así como sobre los criterios de evaluación. Está claro que el aprendizaje no puede reducirse a un número o una letra, tal como se ha hecho tradicionalmente.

Aunque las investigaciones con procedimientos estadísticos rigurosos sobre la *flipped classroom* son limitadas, ya se han reunido los primeros datos. Por ejemplo, en un estudio reciente publicado en la prestigiosa revista *Science* dirigido por el Premio Nobel de Física Cari Wieman participaron 850 estudiantes de ingeniería en un curso de física. Todos ellos recibieron una enseñanza similar las once primeras semanas, mientras que en la decimosegunda fueron divididos en dos grupos: el primero recibió clases magistrales de un profesor experto durante tres horas, y el segundo utilizó estrategias de aprendizaje activo impartidas por un profesor inexperto. En este grupo experimental, los alumnos preparaban la lección en casa, y en el aula analizaban y resolvían problemas trabajando de forma cooperativa. Pues bien, en el grupo que utilizó el aprendizaje invertido, se incrementó un 20 % la asistencia a clase de los alumnos y sus resultados en las pruebas de evaluación mejoraron un 23 % respecto a los alumnos del grupo de control (Deslauriers *et al.*, 2011). Disponer de tecnologías que nos permiten personalizar la educación por medio de procedimientos novedosos (ver figura 19), como es el caso del sistema *flipped classroom*, nos acerca a la verdadera comprensión de las necesidades de los tiempos actuales. Una inversión necesaria.

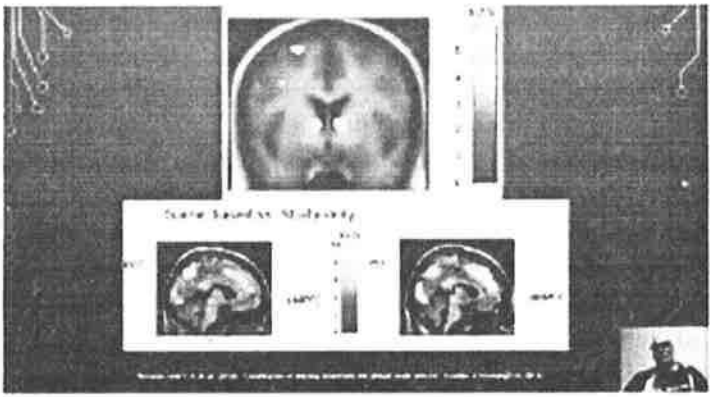

Figura 19. Flipped classroom utilizando las plataformas Camtasia, Educanon y Moodle

—Gamificación:

A veces se define *gamificación* como el proceso de incorporación de mecánicas y técnicas asociadas al diseño de juegos en entornos no lúdicos. Sin embargo, el caso concreto de la gamificación aplicada a la educación va más allá. Consiste en motivar a nuestros alumnos para que vivan experiencias gratificantes transformadoras del aprendizaje, de manera que nos alejemos de lo que hemos hecho tradicionalmente y que sabemos que no funciona. No queremos enmascarar con puntos, *rankings* o avatares lo que siempre hemos hecho, ni tampoco pretendemos intercalar juegos en determinados momentos de la clase —lo cual también puede resultar también beneficioso, por supuesto—, sino convertirla en una verdadera experiencia de juego. Mantener el interés de los alumnos por el juego durante un trimestre o un curso escolar completo constituye un reto mucho mayor que incorporar una actividad lúdica un día concreto. Y en ese proceso, la tecnología es un recurso al servicio de los objetivos de aprendizaje, aunque asumimos que, en muchas ocasiones, será más fácil alcanzar los objetivos identificados si conectamos con la tecnología digital adecuada.

Cuando nos planteamos cómo diseñar experiencias de aprendizaje gamificadas, hemos de saber que no existen recetas milagrosas y que será nuestra propia práctica la que vaya guiando el proceso. Y no es poco, pues nuestra experiencia en cualquier tipo de juego puede suministramos ideas interesantes que podemos

integrar en la narrativa que crearemos, porque gamificar consiste, en esencia, en eso, en compartir buenas historias.

El especialista en juegos Oriol Ripoll (2015) recomienda cuatro ingredientes básicos que debe tener un buen proceso de gamificación, que creemos que son imprescindibles:

1. *Objetivo.* En cualquier actividad educativa nos hemos de plantear qué es lo que queremos conseguir, pero también es imprescindible que nos preguntemos por qué queremos gamificar esa actividad —seguro que puede planificarse de múltiples e interesantes formas diferentes— y cómo queremos que sea esa experiencia. Como veremos más adelante, no nos podemos centrar exclusivamente en premiar comportamientos, pues ello limitaría todo el proceso de gamificación ya que se desvanecería el efecto de la novedad.
2. *Narrativa.* Crear una buena historia evocará la necesaria atención de alerta por parte de los alumnos, que les permitirá adentrarse en las experiencias que los acompañarán, posteriormente, de forma gratificante. El inicio es clave para despertar la chispa del aprendizaje y motivar. Resulta indispensable dedicar el tiempo necesario a reflexionar sobre cómo participarán los alumnos en la experiencia, qué elementos se encontrarán, cómo se desarrollará la narrativa, qué elementos gráficos acompañarán a la historia, etc. En definitiva, cómo entrarán en el universo que hemos creado. Y qué importante será que nos sintamos cómodos con la propuesta que hayamos creado.

Un ejemplo muy ilustrativo es el *Zombie-Based* Leaming, o cómo aprender geografía a través de una historia de zombis. El profesor explica una historia apocalíptica de zombis en la que hay que conocer el territorio para escapar de ellos. En este caso, nos aproximamos a la narrativa a través de un recurso multisensorial como es el cómic, y todas las tareas de aprendizaje estarán integradas en la historia de zombis y en el cómic.

3. *Dinámicas.* Constituyen los aspectos generales que hemos de gestionar y que guiarán la experiencia vivida por los alumnos. Hay algunas preguntas clave que nos debemos hacer. Por ejemplo: ¿Cómo trabajarán los alumnos en el aula: de forma individual o cooperando?, ¿serán los protagonistas de la historia o la vivirán en tercera persona?, ¿la historia creada podrá

transformarse o estará claramente determinada? o ¿qué tipo de actividades les pediremos?

El tipo de respuestas a estas preguntas orientará el proceso de organización. Las dinámicas nos han de servir para saber cómo son las interacciones sociales y cuál es la relación con los contenidos planificados.

4. Mecánicas. Son los procesos básicos que harán progresar la acción y que involucrarán al alumno en la historia, motivándolo. Permiten a los participantes conocer cuáles son los objetivos, las reglas y los límites del juego. Los retos han de ser claros y han de suministrar/eedfcacfe inmediato a los alumnos con el fin de que sean conscientes de su evolución en el proceso de aprendizaje. Mecánicas hay muchas —puntos, avatares, *rankings*, insignias, niveles, etc.—, pero han de estar integradas de forma adecuada en todo lo que hacemos y nos han de servir para planteamos cómo aprendemos y cómo se evalúa este aprendizaje. Por ejemplo, las recompensas pueden ser importantes en el proceso de gamificación y garantizar un buen clima emocional si están bien diseñadas y son apropiadas para el contexto particular del aula. En contraste con esto, plantear un *ranking* puede desmotivar a algunos alumnos cuando conlleva poca variación. Sin embargo, si explicamos que para adquirir un aprendizaje concreto se ha de alcanzar un número determinado de puntos, cada alumno puede plantearse conseguir el reto a su propio ritmo.

Evidentemente, el análisis anterior constituye una introducción simplificada en la que mostramos algunas de las estrategias de gamificación más relevantes. Luego, en la práctica, habrá otras muchas cuestiones que deberemos considerar con nuestros alumnos. Por ejemplo, puede resultar muy interesante adaptar la terminología que utilizamos tradicionalmente al mundo del alumno o al de los juegos utilizados. Así, un examen se convierte en una prueba de progreso, en una misión o en una carrera hacia el cielo, y los alumnos son los jugadores y, a su vez, los reyes o las estrellas mágicas.

En la realidad del aula se pueden crear experiencias de aprendizaje gamificadas diversas en cualquier materia y en cualquier

etapa educativa. Y existen múltiples herramientas que pueden ser de enorme utilidad. Entre ellas:

—Duolingo: plataforma colaborativa que propone el aprendizaje de un nuevo idioma a cambio de traducir documentos en internet. El estudiante va ganando puntos conforme va superando retos o traduciendo contenidos.

—ClassDojo: recurso que permite al profesor gestionar los comportamientos de los alumnos asignando «positivos» y «negativos». Cada alumno tiene su avatar y ello facilita un feedback inmediato.

—Edmodo: plataforma que simula una red social que facilita la interacción entre los alumnos y que nos permite registrar sus puntuaciones.

—Classcraft: juego de rol en línea que permite ganar puntos de experiencia a los alumnos cuando realizan bien las tareas, pero pueden perder otros de salud por mal comportamiento.

—*Juego de la Paz Mundial:* juego de simulación política que invita a los alumnos a descubrir un mundo muy parecido al real.

Goalbook: plataforma en la que el profesor puede entrar en los perfiles de los alumnos, analizar sus objetivos y guiar su proceso de aprendizaje.

—Kahoot!: aplicación que utiliza un formato de juego-aprendizaje diseñado para hacer preguntas o interactuar con los alumnos.

—Socrative: programa que permite al profesor hacer test y fomentar la participación del alumnado a través de ejercicios y juegos educativos que también pueden usarse a través de tabletas o móviles.

La lista es interminable...

La gamificación trata sobre la creación de historias que incorporan elementos y mecánicas de los juegos haciendo que los alumnos sean los auténticos protagonistas de su aprendizaje. Esta situación es común en las diferentes metodologías inductivas que promueven retos y en las que se pide a los alumnos que hagan cosas con los conocimientos *(leaming by doing)* antes de que se las expliquemos. Por eso, es normal que la gamificación se vincule

fácilmente a un aprendizaje basado en proyectos o problemas, o al enfoque *flipped classroom,* por ejemplo. Estas son formas adecuadas de atender la diversidad en el aula, siempre que conozcamos los intereses y capacidades de los alumnos a fin de que podamos suscitar su curiosidad y suministrarles retos apropiados. De esta forma, se activará su sistema de recompensa cerebral, que está directamente asociado a un componente esencial del aprendizaje: la motivación intrínseca. Y ese es el camino directo que facilitará el verdadero aprendizaje, que es el que se basa en competencias imprescindibles que ayuden a los niños y adolescentes actuales a desenvolverse bien el día de mañana. Y son ellos, porque juegan mucho, los que nos pueden informar de si nuestras experiencias de aprendizaje propuestas son realmente gamificadas. Ya lo dice Jane McGonigal: «Los jugadores son un recurso humano que podemos usar en trabajos del mundo real y los juegos constituyen una poderosa plataforma para el cambio». Aceptémoslo con naturalidad. Y, a ser posible, de forma creativa.

7.

Me llueven las ideas

«Cuando los alumnos están motivados para aprender, adquieren de forma natural las destrezas que necesitan para llevar a cabo lo que se proponen. Y su dominio de ellas es cada vez mayor a medida que sus ambiciones creativas se expanden».

KEN ROBINSON

«Ya sé qué estáis pensando: ¡soy un *friki*!.». Así fue la inesperada entrada en una aula de Secundaria de Alejandro, un alumno de Bachillerato, vestido con una indumentaria típica de caballero medieval. A través de distintas simulaciones y utilizando una gran variedad de material típico de la Edad Media — cascos, espadas, brazaletes, bolsos, etc.—, el objetivo era acercar al desmotivado alumnado de aquella clase la realidad de la sociedad de aquella época. ¡Y vaya si lo consiguió! Con un inusitado entusiasmo, a años luz de la pasividad que solía mostrar en muchas de las materias académicas que cursaba, Alejandro cautivó tanto la atención de los menores que estuvieron disfrutando de las tareas propuestas durante varias horas seguidas. Ese fue el inicio de toda una serie de actividades y proyectos multidisciplinares que encendieron la chispa del aprendizaje y las ganas de hacer cosas originales en alumnos muy desanimados, entre ellos el mismo Alejandro.

7.1 La creatividad: una necesidad

Vivimos en una época de incertidumbre y cambio permanente que requiere que utilicemos todos nuestros recursos creativos para poder transformar y adaptar la escuela del siglo XXI a las necesidades actuales. Afortunadamente, la creatividad es una capacidad que nos caracteriza a los seres humanos que podemos enseñar y mejorar y que debe constituir una competencia esencial para el aprendizaje.

No obstante, hay que desterrar muchos mitos arraigados, porque sabemos que todos podemos ser creativos y que la creatividad se manifiesta en cualquier faceta de la vida —no se limita a las ar-

tes o las ciencias—, aunque pueda adoptar formas diferentes. Y es que, en este campo de estudio, las investigaciones en neurociencia también están suministrando información relevante que tiene enormes repercusiones educativas, especialmente en lo referente a cómo se genera el pensamiento creativo y qué factores pueden facilitarlo. Pero ¿qué es realmente la creatividad?

La creatividad es un constructo complejo constituido por múltiples componentes que es difícil de valorar. Tradicionalmente, se ha considerado como la capacidad de generar ideas novedosas y útiles. Sin embargo, lo novedoso para una persona puede no serlo para otra, y la utilidad de los productos creativos es subjetiva. Esta es la razón por la que Kounios y Beeman (2015), dos grandes neurocientíficos que estudian la creatividad, la definen como la capacidad para reinterpretar algo descomponiéndolo en sus elementos y recombinando estos de forma sorprendente para alcanzar algún objetivo. Así, por ejemplo, elementos familiares como palabras, notas musicales, colores, partes, productos o emociones pueden recombinarse para formar creativos poemas, canciones, cuadros, inventos, planes de negocio o realizaciones personales. Cuando este tipo de recombinación se produce de forma espontánea, tenemos el llamado *insight* —¡eureka!—, el cual nos permite dar con una solución de forma repentina e inconsciente. Pero esta combinación también puede derivar de un proceso más gradual y consciente que se conoce como *pensamiento analítico:* en él se consideran de forma deliberada y metódica muchas posibilidades hasta encontrar la solución y, como veremos a continuación, se activan regiones cerebrales específicas en cada uno de estos procesos de resolución.

7.2 El cerebro creativo

Si la creatividad es un proceso dinámico en el que intervienen múltiples factores que nos permiten tener ideas originales, pero también analizarlas, su actividad no puede restringirse a un solo hemisferio del cerebro, y mucho menos a una única región. Como una muestra más de la gran inter- conectividad cerebral existente, cuando en el laboratorio se han analizado los escáneres cerebrales de personas realizando tareas propias del llamado *pensamiento divergente* —aquel donde los participantes han de crear usos alternativos para objetos cotidianos y en el cual se valora tanto la fluidez como la originalidad de las ideas—, como es el caso de

poetas creando nuevos versos o músicos de jazz y raperos improvisando, se han identificado varias redes neurales complejas que intervienen en el proceso creativo y que activan regiones cerebrales concretas (Kaufman y Gregoire, 2016). En el inicio de las tareas, el cerebro se encuentra en una especie de estado de flujo. Existe una interacción entre la red neuronal por defecto (corteza cingulada posterior, precúneo y lóbulo parietal inferior), la cual interviene en los procesos de visualización e imaginación, con otra red que nos permite identificar lo novedoso y relevante para la tarea reorientando la atención: la *red neuronal de asignación de relevancia* (ínsula anterior y lóbulo parietal inferior). En cambio, durante las fases posteriores del proceso creativo tiene lugar una mayor interacción entre la red neuronal por defecto y la red ejecutiva (corteza prefrontal dorsolateral; ver capítulo 3), que nos permite focalizar la atención de forma consciente en la tarea. En la práctica, el pensamiento creativo implicaría la cooperación entre redes cerebrales asociadas a los pensamientos espontáneos, al control cognitivo o a la recuperación de información a través de la memoria semántica (Beaty *et al*, 2015).

7.3 *Insight* y pensamiento analítico

Entender los mecanismos neurales asociados al *insight* tiene importantes implicaciones educativas, dada la relación directa que tiene este fenómeno cognitivo con la creatividad, el aprendizaje y las estrategias de resolución de problemas.

En el proceso de resolución a través del insight, inicialmente, empezamos a trabajar con el problema de forma crítica y consciente, pero si no somos capaces de resolverlo llegamos a una fase de bloqueo en la que no sabemos cómo proseguir, o quizá interrumpimos la tarea por alguna cuestión concreta. De cualquier forma, se produce un parón en el proceso de resolución que nos brinda la posibilidad de disfrutar o de preocupamos de otras tareas diferentes, un parón que, debido a los mecanismos inconscientes de nuestro cerebro que le hacen seguir trabajando en el problema, puede ser interrumpido por el «¡eureka!» con que alcanzamos de forma impredecible la ansiada solución. Cuando se ha analizado este proceso en el laboratorio, por ejemplo durante la resolución de problemas verbales —«Encuentra una palabra clave que esté asociada a *asada, verde y roja*»—, se han identificado patrones de actividad cerebral característicos. En el instante de obtenerse

la solución se han registrado ondas gamma — ondas de alta frecuencia asociadas a una gran actividad cerebral— acompañadas de un incremento del flujo sanguíneo en una región del lóbulo temporal derecho que participa en la asociación de ideas remotas, lo cual se da con las metáforas y los chistes, y que no se produce cuando se aportan soluciones analíticas (Jung-Beeman *et al.*, 2004). Asimismo, un segundo antes de que aparezca el *insight* y la consiguiente actividad gamma, se ha detectado en el hemisferio cerebral derecho un patrón de actividad cerebral alfa, consistente en ondas de menor frecuencia asociadas a periodos de relajación, que son una señal de una percepción visual reducida (Kounios y Beeman, 2009). Seguramente, esa es la razón por la que muchas veces hemos oído que la creatividad está lateralizada en el hemisferio derecho, pero ni el *insight* es sinónimo de creatividad, ni esa región identiñcada en el lóbulo temporal derecho es la única que interviene en el proceso de resolución; como comentábamos antes, participan diversas redes neurales complejas en el proceso, algo que ocurre en cualquier tipo de pensamiento, no solo en el creativo.

Por otra parte, cuando se ha analizado el cerebro de personas analíticas, se ha comprobado que existe una mayor comunicación entre el lóbulo frontal y las regiones visuales del cerebro, lo que indica un mayor control consciente de la atención asociado a la red ejecutiva, mientras que en las personas que resuelven los problemas a través del *insight* se observa un menor control del lóbulo frontal, que les permite activar la red neuronal por defecto y poder, por tanto, considerar posibilidades más inusuales, un rasgo presente en la capacidad creativa de muchas personas con lesiones frontales (Kounius y Beeman, 2015). En la práctica, las situaciones creativas precisan tanto de unos procesos como de otros, porque en la resolución mediante el *insight* las ideas también deben evaluarse, verificarse, mejorarse y aplicarse, cosa que exige el trabajo más analítico del hemisferio cerebral izquierdo.

En la práctica

En el laboratorio se ha utilizado la técnica de la estimulación transcraneal con corriente directa para mejorar la aparición de ideas creativas, inhibiendo la actividad del hemisferio izquierdo con una corriente eléctrica y potenciando, así, la actividad del derecho (Chi y Snyder, 2012). Lo que se pretende es favorecer la asociación de

ideas lejanas al comprometerse la intervención lingüística. Pero, por fortuna, disponemos de formas más accesibles de facilitar el *insight*.

En consonancia con el periodo de relajación asociado a la actividad cerebral alfa previa a la aparición del *insight*, se ha constatado la importancia de su periodo de incubación. Cuando estamos bloqueados ante un determinado problema, hacer un descanso para retomarlo posteriormente incrementa la probabilidad de resolverlo (Sio y Ormerod, 2009), algo que deberíamos explicar a nuestros alumnos. Aparcar una tarea para realizar otra distinta pero no demasiado exigente, hacer ejercicio físico o, simplemente, dormir puede resultar muy beneficioso. Como prueba, basta recordar que Mendeléiev reconoció que la idea sobre la organización de los elementos químicos en la tabla periódica le sobrevino en un sueño.

En la práctica, resolver problemas como el de los nueve puntos (ver figura 20) —«¿Puedes unir los 9 puntos con 4 rectas sin levantar el bolígrafo del papel?»— resulta arduo para muchas personas, porque obliga a cambiar la forma de pensar tan arraigada que tenemos sobre objetos concretos, por la cual asumimos que existen reglas, límites o restricciones cuando no los hay. Nuestras experiencias pasadas pueden suministramos información útil, pero también pueden mermar nuestra capacidad para pensar de forma flexible. Sin embargo, cuando nos encontramos en un estado calmado y dejamos que la mente divague imaginando escenas futuras o alternativas a situaciones cotidianas, situación vinculada a un periodo de incubación de corta duración, se activa la red neuronal por defecto, que abre la puerta a una atención no centrada, que es necesaria para la aparición de ideas creativas, un hecho comprobado en experimentos con músicos cuando improvisan (Beaty, 2015). Junto a la mejora de nuestra capacidad para aplicar el ingenio, el recurso de hacer pausas regulares durante la clase proporciona el necesario descanso a los circuitos cerebrales ejecutivos, que están asociados a una concentración más intensa (ver capítulo 3). Estos recesos pueden ayudar al alumno a que reflexione sobre sí mismo, lo cual puede repercutir muy positivamente en su bienestar y en su aprendizaje emocional (Immor- dino-Yang *et al.*, 2012).

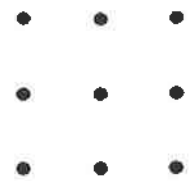

Figura 20. El problema de los nueve puntos

Las personas más felices suelen resolver más exitosamente los problemas valiéndose del *insight*, al mostrar una mayor capacidad para asociar ideas lejanas y una atención visual más abierta. Las emociones positivas abren el foco de nuestra atención y ello posibilita una mayor exploración del entorno, respuestas menos habituales y reflexiones novedosas. En cambio, la ansiedad perjudica la aparición de *ideas felices*, puesto que reduce la actividad en una región importante de la red neuronal de asignación de relevancia, la corteza cingulada anterior, con lo que disminuye la percepción y la capacidad para reorientar los pensamientos (Subramaniam *et al.*, 2009). Una razón más en defensa de la utilidad de generar climas emocionales positivos en el aula, y es que favorecen el pensamiento asociativo necesario para que surjan ideas creativas mediante el *insight* y, de forma recíproca, mejoran el estado de ánimo (Brunyé *et al.*, 2013). Tampoco olvidemos que exigir soluciones en márgenes de tiempo cortos o bajo presión perjudica no solo el pensamiento creativo, sino también la indispensable reflexión que garantiza un aprendizaje eficiente.

Asimismo, se ha comprobado que la hora del día puede afectar a nuestra capacidad para ser creativos. De la misma forma que existen ritmos circadianos en funciones fisiológicas básicas, hay evidencias de que también se dan en funciones cognitivas como la atención, la memoria o la resolución de problemas, lo cual repercute directamente en el rendimiento académico del alumno. La hora del día en que se ha de realizar una tarea parece afectar en menor grado la capacidad para resolver problemas analíticos, aunque, en general, el pico de mayor actividad facilitaría el funcionamiento ejecutivo óptimo del cerebro. Sin embargo, se ha observado que la resolución por medio del *insight* se ve favorecida en horarios no óptimos en los que el cerebro está cansado y, por tanto, está más receptivo a la información inusual. Por ejemplo, las personas con el cronotipo «alondra» se benefician más del periodo nocturno,

mientras que los «búhos» resuelven mejor los problemas creativos por la mañana (Wieth y Zacks, 2011), algo que afecta de forma específica a los adolescentes.

7.4 Entrenamiento de la creatividad

Existen evidencias empíricas que demuestran que la creatividad se puede mejorar por medio del entrenamiento adecuado y con la edad, y que la adolescencia representa una etapa clave para desarrollar el pensamiento divergente y la flexibilidad cognitiva (Stevenson *et al.*, 2014). Los programas específicos que fomentan el pensamiento creativo son muy motivadores para los alumnos, y se ha comprobado que los que producen mejores resultados son aquellos que priorizan las actividades prácticas, el análisis reflexivo, las estrategias metacognitivas, la resolución de problemas y los que tienen en cuenta los conocimientos previos de los alumnos (Hattie, 2009). Todos poseemos la capacidad para ser creativos, una facultad que se amplificará en unas disciplinas más que en otras. Además, las mejoras en la creatividad serán específicas de las competencias entrenadas, porque se activarán regiones cerebrales concretas cuando, por ejemplo, se entrenen competencias artísticas y no matemáticas (Abadzi *et al.*, 2014).

Por otra parte, también se ha comprobado que la aparición de ideas creativas puede mejorarse cuando se enseñan de forma explícita los fundamentos de la neurobiología de la creatividad, un fenómeno similar al de los efectos positivos que ejerce sobre el rendimiento del alumno explicarle cómo funciona su cerebro, estrategia que favorece su mentalidad de crecimiento, tal como vimos en el capítulo 1. Un ejemplo de ello es el programa Applied NeuroCreativity, que se utiliza en escuelas de negocios en Dinamarca y Canadá y con el cual los estudiantes se introducen en la neurociencia de la creatividad. En ocho semanas de aplicación del programa, los participantes mejoran competencias asociadas al pensamiento divergente en un 28,5 %, como promedio (Onarheim y Friis-Olivarius, 2013).

Aunque muchos profesores todavía interpretan el ejercicio de la creatividad como una cuestión extra- curricular alejada de la materia que imparten, se debe considerar como una competencia específica que puede enseñarse de forma explícita. Porque la planificación estructurada, tanto en el espacio como en el tiempo, de actividades que fomentan la creatividad incide positivamente en

el desempeño creativo del alumno (Beguetto, 2013).

7.5 Creatividad en el aula

Está claro que el pensamiento convergente es el que domina en el aula. Normalmente, el profesor pregunta, los alumnos responden y, finalmente, el profesor valora sus respuestas. En la práctica, a menudo, los estudiantes acaban tratando de adivinar lo que el profesor está pensando, lo cual, encima, suele ser una respuesta única a la cuestión propuesta. Y la búsqueda de «la respuesta correcta» hace que los alumnos tengan miedo a equivocarse y que se vean perjudicadas las ansias de exploración y descubrimiento que durante miles de años han permitido sobrevivir al ser humano. De hecho, en la vida real predominan las situaciones que admiten múltiples soluciones.

¿Qué ocurre cuando planteamos a alumnos adolescentes cuestiones como las siguientes?

Pregunta 1

Un atleta corre 1000 m en un tiempo de 2 minutos y 20 segundos. ¿Cuánto tardará en correr 3 km?

Pregunta 2

El recipiente de la figura 1 se está llenando desde un grifo a una velocidad constante. Si la profundidad del agua es de 3,5 cm después de 10 segundos, ¿cuál será la profundidad después de 30 segundos? Elige una de las siguientes opciones:

a) *11,5 cm*
b) *10,5 cm*
c) *23,5 cm*
d) *Es imposible dar una respuesta precisa*

Figura 1. Problemas vinculados a situaciones reales

Pues comprobamos que existe un predominio de respuestas no realistas (ver figuras 21 y 22), lo cual demuestra que los alumnos no están acostumbrados a analizar problemas abiertos o vinculados a situaciones cotidianas. El atleta no tiene por qué recorrer la distancia a una velocidad constante y la forma del recipiente no es regular. Esta situación nos recuerda a un estudio francés en el que un 80 % de niños de siete y ocho años respondía de forma numérica a la pregunta planteada: «Hay 26 ovejas y 10 cabras en un barco. ¿Qué edad tiene el capitán?» (Baruk, 1985).

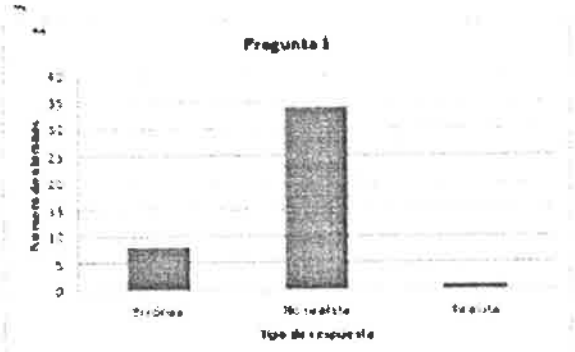

Figura 21

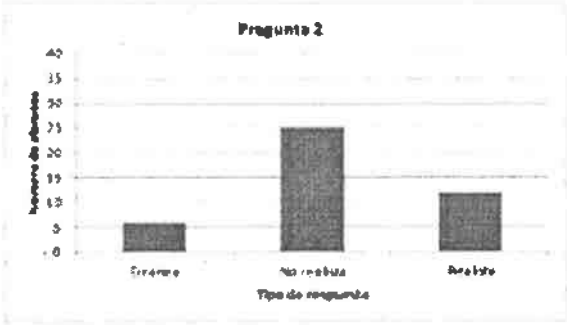

Figura 22

Está claro que si los profesores priorizamos las respuestas correctas y los planteamientos únicos, estamos amordazando el pensamiento creativo. En el aula, podemos aprovechar cualquier situación para optimizar el deseo por descubrir y aprender. Como, por ejemplo, cuando un alumno comparte una idea inusual o novedosa:

«Dos más dos no son siempre cuatro; si tienes dos gatos hambrientos y dos ratones gorditos, acabas teniendo dos gatos bien alimentados».

Esta reflexión, de una niña de corta edad, puede ser utilizada como una oportunidad de aprendizaje para fomentar la curiosidad y la exploración, en lugar de evaluar de forma inmediata la corrección de la idea sugerida o responder de forma inadecuada:

«Si. Supongo que en ese caso dos más dos equivaldría a dos. ¿A alguien se le ocurre una situación diferente en la que dos más dos no es cuatro?».

Estar preparados para aprovechar estos momentos no es un síntoma de descontrol académico en el aula, sino un signo de flexibilidad curricular por parte del profesorado que beneficia el aprendizaje del alumnado (Beguetto, 2013).

Para combatir esos miedos tan arraigados de muchos alumnos que coartan su creatividad, una buena medida es fomentar el tra-

bajo cooperativo, tal como analizaremos en el capítulo siguiente. Se ha comprobado, por ejemplo, que los alumnos tienden a ser más creativos cuando están expuestos a las ideas de los demás, momento en que activan las redes neurales identificadas en los procesos creativos (Fink *et al.*, 2011), como sucede cuando se utilizan herramientas como la lluvia de ideas. En todo caso, también hay que tener en cuenta el tipo de problema planteado, porque, en general, el trabajo por grupos ofrece mayor cantidad de soluciones, que a su vez son más originales, cuando las tareas propuestas poseen varios apartados, mientras que el trabajo individual parece ser más efectivo cuando las tareas no presentan esas subdivisiones (Gregory *et al.*, 2013). Ello no es sino un ejemplo más de lo necesario que resulta instaurar flexibilidad en el seno del aula.

Beghetto y Kaufman (2014), dos destacados especialistas en el estudio de la creatividad y de sus aplicaciones prácticas, han identificado cinco estrategias imprescindibles para favorecer la creatividad en el aula:

1. Integrar la creatividad en las tareas diarias:

Las actividades propuestas han de permitir a los alumnos generar múltiples ideas, redefinir los problemas, usar analogías, pensar alternativas o evaluar las ideas propuestas y los productos generados.

2. Suministrar oportunidades que faciliten la elección propia, la imaginación y la exploración:

Las tareas de aprendizaje permiten a los alumnos aplicar sus propios procedimientos de resolución, así como generar resultados alternativos cuando sea necesario, además de facilitar la cooperación.

3. Estimular la motivación intrínseca de los alumnos:

Los profesores debemos intentar que los alumnos se centren en los aspectos intrínsecos de la tarea —por ejemplo, por qué esta es interesante—, en vez de en los extrínsecos —como sería pensar en la nota—.

4. Establecer un entorno de aprendizaje creativo:

Lo más importante no es la creatividad en sí misma, sino su aplicación en situaciones cotidianas de forma que los alumnos puedan percibir la utilidad del aprendizaje.

5. Modelar e inculcar la creatividad en el aula:

El profesor debe inspirar al alumno a través de una enseñanza

creativa. Ello se favorece adoptando una mayor flexibilidad curricular y cooperando con otros profesores y con el resto de la comunidad educativa.

Como hemos comprobado en la práctica, estas estrategias para fomentar la creatividad pueden facilitarse en el aula a través de actividades, proyectos e integración de las artes en el currículo, cuya importancia reside en cómo y por qué se utilizan.

7.5.1 Actividades

La creatividad puede fomentarse en cualquier materia, etapa educativa o alumno, y su mejora requiere práctica. En el contexto del aula, para facilitar el proceso de conversión de la creatividad en un hábito de pensamiento, podemos proponer actividades que incluyan los diferentes criterios que suelen utilizarse para evaluar la creatividad:

—Fluidez: se tienen muchas ideas.

—Flexibilidad: se piensan diferentes formas de proceder.

—Originalidad: se piensan aspectos únicos.

—Elaboración: se piensan complementos a la idea que se ha tenido.

Así, por ejemplo, podemos solicitar múltiples usos a una pelota de golf, invertir el triángulo de la figura 23 moviendo solo tres monedas (Oakley, 2014), acabar un dibujo en el que aparecen unas formas sin aparente relación o proponer una alternativa a una tarea que el alumno realice asiduamente.

Figura 23. ¿Cómo invertirías el triángulo moviendo solo 3 monedas?

Plantear cuestiones y problemas que tengan más de una solución correcta, pedir asociaciones entre ideas y reflexionar sobre sus implicaciones, hacer comparaciones y similitudes o encontrar

usos alternativos a objetos o situaciones, no se restringe a ninguna disciplina concreta. Porque esto se puede poner en práctica, por ejemplo, buscando parejas de números que multiplicadas den 0,14, escribiendo un poema utilizando solo las palabras que aparecen en un texto previo o identificando alimentos con cada uno de los elementos químicos de la tabla periódica. A pesar de lo que creen muchos profesores, la creatividad complementa el proceso de aprendizaje y no se ha de posponer su aplicación a la enseñanza de los conceptos que puedan considerarse básicos. Fechas de sucesos históricos, las tablas de multiplicar o los detalles de los experimentos de Mendel con las plantas de guisantes pueden enseñarse también de forma creativa. Esto no significa que la creatividad deba sustituir al conocimiento factual, sino que hay formas alternativas que permiten interpretar la mayoría de datos y hechos y que existen muchas posibilidades creativas para aplicar estas cuestiones en diversos contextos (Beguetto, Kauf- man y Baer, 2015).

Muchas de las tareas anteriormente citadas inciden en el pensamiento divergente, un componente esencial del pensamiento creativo, porque para tener una buena idea es importante generar antes el mayor número posible de ideas. Y una de las técnicas más útiles para fomentar este pensamiento divergente es la conocida lluvia de ideas, que también puede utilizarse en la fase inicial de las unidades didácticas suministrando información al profesor sobre los conocimientos previos de los alumnos.

No obstante, aunque las pruebas de pensamiento divergente son las más usadas para evaluar la creatividad, solo se centran en el producto final o solución del problema, de manera que obvian fases anteriores del pensamiento creativo, como la búsqueda y la formulación del problema (Romo *et al, 2016)*. Estos aspectos pueden potenciarse a través de la realización de tareas lúdicas o artísticas, y entendemos que también deberían trabajarse en el aula.

7.5.2 Proyectos

A diferencia de los métodos de enseñanza tradicionales basados en procedimientos deductivos, en los cuales se transita de lo general a lo particular, en los métodos inductivos el profesor propone retos y preguntas. Podemos considerar las metodologías inductivas, como el aprendizaje basado en problemas o proyectos, la enseñanza por medio del estudio y discusión de casos o el aprendizaje

por indagación, como variaciones de un mismo tema que suscitan la curiosidad del alumno, fomentan su autonomía, favorecen el trabajo cooperativo y proporcionan experiencias de aprendizaje vinculadas al mundo real que hacen posible una mayor interdisciplinariedad. Porque cuando se trabaja de esta forma, la pregunta pertinente: «¿Y esto para qué sirve?» tiene una fácil respuesta. Asimismo, junto a todo lo anterior, con la ayuda del profesor que inspira y guía el aprendizaje, los alumnos desarrollan competencias básicas como el pensamiento crítico y creativo (Prieto *et al.*, 2014).

En el contexto de Primaria se puede proponer un proyecto sobre cómo era la sociedad cincuenta años atrás. Los alumnos realizarán una exposición a la que estarán invitados todos los familiares o personas que los hayan ayudado en el proceso de investigación, y que irá acompañada de un mural compuesto por fotografías, noticias y materiales diversos que deberán encontrar y seleccionar. En el contexto de Secundaria, una idea sería plantearse el problema del ahorro del agua en el cual el alumno, a partir de datos reales del centro, calcule el volumen de agua desperdiciado a lo largo del año académico y proponga un plan de reducción de su consumo (Zabala y Amau, 2014). Y en el contexto de Bachillerato, en lugar de comenzar una unidad didáctica relacionada con la optimización de funciones explicando cómo se calcula un máximo o un mínimo, se puede arrancar con la pregunta: «¿Por qué esta tableta de chocolate tiene forma de prisma triangular?» (ver figura 24). En este caso, el proceso de aprendizaje es guiado a través de la propuesta de otras cuestiones que pueden plantearse los mismos alumnos y que les permitirán, entre otras cosas, analizar distintas superficies o volúmenes de figuras conocidas, identificar la forma de otras tabletas, indagar sobre los precios o costes de elaboración, etc.

Figura 24

No hay duda de que cuando se intenta que el alumno deje de ser

un simple receptor pasivo de la información mejora su motivación y, con ello, el desarrollo de su capacidad creativa y de su aprendizaje. Pero para facilitar dicho proceso, hemos de conocer cuáles son los conocimientos previos del alumno —los conocimientos de base del alumno y la experiencia del profesor son clave para aplicar con éxito esta metodología (Hattie, 2015)—, y también cuáles son sus intereses —«aprendo porque quiero»—. Porque la realidad es que una gran mayoría de los estudiantes se aburren en clase. En un estudio en el que intervinieron 275 000 alumnos de educación secundaria en Estados Unidos durante los años 2006 y 2009 (Yazzie-Mintz, 2010), se constató que la causa del aburrimiento se debía a que no encontraban interesante el estudio (81 %), a que no era relevante para ellos (42 %) o a que no existía interacción con el profesor (35 %). Pero cuando se les preguntó sobre qué métodos de enseñanza les permitían comprometerse más con el aprendizaje, se decantaron por los debates y discusiones (61 %), los proyectos de grupo (60 %), los proyectos con recursos tecnológicos (55 %) y las presentaciones de los propios alumnos (46 %). Todas estas estrategias se pueden integrar fácilmente en un aprendizaje basado en proyectos, uno de los métodos de enseñanza imprescindibles para mejorar la educación. Y esto se debe a que, en contraste con los métodos tradicionales, motiva más, fomenta una mayor metacognición, vincula el aprendizaje a situaciones reales, atiende mejor la diversidad en el aula y favorece un aprendizaje más profundo (Larmer *et al.*, 2015).

En el contexto práctico del aula, la cantidad de proyectos de investigación que podemos proponer para favorecer el aprendizaje y la creatividad de los alumnos es ilimitada. Todo dependerá de nuestra capacidad para ser creativos, lo cual constituye una condición imprescindible para fomentar esta competencia entre el alumnado. Y junto a ello, utilizar rúbricas que incluyan criterios específicos de evaluación relacionados con los logros creativos constituye una estupenda forma de compatibilizar las exigencias curriculares básicas con el desarrollo del pensamiento creativo. Tampoco debemos pasar por alto la importancia de la coevaluación entre alumnos o el hecho de que los propios proyectos de investigación generan por sí mismos la autoevaluación. Un ejemplo más que muestra la necesidad de adoptar estrategias variadas y flexibles en el aula.

7.5.3 Artes

Conforme el alumno va superando etapas educativas, se va adentrando en el universo visiblemente jerarquizado de las asignaturas, muchas veces descontextualizado y alejado del mundo real. En esta creación artificiosa impuesta por los adultos, la educación artística ocupa un papel secundario. Sin embargo, el arte, en cualquiera de sus manifestaciones, constituye una necesidad para nuestro cerebro plástico, que ha permitido nuestra supervivencia al tiempo que la posibilidad de que transmitamos la cultura en toda su extensión de generación en generación. No podemos obviar cómo el niño, en sus primeros años, y de forma natural, baila, canta o dibuja. Esas actividades, que le sirven para ir conociendo de forma placentera el mundo que lo rodea y para aprender una de las grandes virtudes del ser humano, el autocontrol, son imprescindibles para su desarrollo cerebral, tanto en el ámbito sensorial como en el motor, el emocional y el cognitivo. La educación artística es una necesidad porque posibilita la adquisición de una serie de competencias socioemocionales y de rutinas mentales que están en plena consonancia con el desarrollo evolutivo del ser humano, son necesarias para el aprendizaje de cualquier contenido curricular y fomentan un pensamiento crítico y creativo.

Desde la perspectiva cognitiva, existen evidencias empíricas que muestran que las clases de música pueden mejoran el rendimiento académico de los niños, la conciencia fonológica y la decodificación verbal; que las artes visuales inciden positivamente en el razonamiento geométrico de los alumnos, y que las recreaciones teatrales en el aula fortalecen las habilidades verbales (Winner *et al.*, 2014). En el caso particular de la música, sabemos que la exposición temprana de los niños a la música de Mozart no va mejorar su inteligencia (Mehr, 2015). Sin embargo, aquella que nos resulta agradable activa el sistema de recompensa cerebral de forma parecida a como lo hacen la comida o el sexo, y tocar un instrumento musical es muy beneficioso, pues se produce una activación rápida y masiva de regiones cerebrales, en especial, de las cortezas visual, auditiva y motora (Salimpoor *et al.*, 2015). Con todo, por encima de los beneficios concretos que puedan reportar las diferentes variedades artísticas, los mayores se obtienen cuando se integran las actividades artísticas en las diferentes materiales curriculares, dado que de esta manera se fomenta un mayor compromiso emocional de los alumnos, trabajos más activos y cooperativos, evalua-

ciones más reflexivas y variadas y una colaboración más intensa entre todos los componentes de la comunidad educativa (Guillen, 2015d).

La integración de las disciplinas artísticas en las prácticas pedagógicas no solo promueve el dominio y la técnica del arte como tal, sino que también fomenta un pensamiento creativo y, en definitiva, más profundo. Se da un aprendizaje más cercano a la realidad, porque las artes enseñan a los alumnos que puede haber más de una solución posible a la hora de resolver una tarea —ello requiere asumir diferentes perspectivas—, que la imaginación es una poderosa guía en los procesos de resolución o que no siempre hay reglas definidas cuando se deben tomar decisiones (Eisner, 2004). Un ejemplo claro de esto es el programa Artful Thinking, desarrollado por el «Project Zero» de la Universidad de Harvard, en el cual se utilizaba el poder de las imágenes visuales, como las obras de arte, para estimular en los alumnos procesos asociados a las seis disposiciones en las que se centraba el programa: preguntar e investigar, observar y describir, razonar, explorar puntos de vista, comparar y relacionar y detectar la complejidad.

La integración de las actividades artísticas en cada una de las materias curriculares a través de una perspectiva transdisciplinar constituye una forma creativa de implicar emocionalmente al alumno en el aprendizaje, así como de optimizarlo. Veamos algunos ejemplos reales en los que los profesores han aplicado este enfoque en la práctica:

—Música: los alumnos han de reflejar en la letra de una melodía popular los hechos más significativos de la Revolución Francesa.

—Artes visuales: los alumnos han de dibujar un organizador gráfico en el que aparezcan las etapas que hay que seguir para realizar un experimento en el laboratorio.

—Teatro: los alumnos han de escribir y representar en inglés un final alternativo a la obra *Romeo y Julieta*.

—Poesía: los alumnos han de escribir unas estrofas sobre los pasos que han de seguir para aplicar un teorema matemático.

Y podríamos seguir con todos los ejemplos de que nuestra imaginación sea capaz, en relación con cualquier disciplina y para cualquier etapa educativa.

La educación artística permite a los estudiantes adquirir un conjunto de competencias socioemocio- nales que son básicas para su desarrollo personal y que agregan ese componente emocional imprescindible para el aprendizaje y para el bienestar. Además, les permite contemplar el mundo desde una perspectiva diferente, más estética y profunda, o, si se quiere, más creativa.

8.

Nos necesitamos

«El cerebro humano ha desarrollado circuitos neuronales que nos permiten prosperar en un contexto social».

MICHAEL GAZZANIGA

Tras una clase intensa en la que estuvimos analizando diversas aplicaciones prácticas de las leyes de Newton, sugerí a los alumnos que grabaran en video, e interpretaran lo que sucedía, el momento en que se subían a una báscula en un ascensor acelerándose hacia arriba o hacia abajo. Esa simple sugerencia se convirtió al día siguiente en una de las experiencias educativas más gratificantes que recuerdo como profesor. Todos los alumnos se presentaron con su grabación —en algunos casos colectiva— y comenzaron un apasionado debate sobre la justificación de lo que había ocurrido. Lo cierto es que no pude ni quise participar. Simplemente me limité a seguir con atención el debate proponiendo alguna pequeña cuestión. Y fue maravilloso contemplar cómo todos los alumnos participaban, sonreían y disfrutaban enseñando al resto de compañeros. Durante el proceso descubrieron y conocieron muchas cosas, pero lo más importante es que, mientras enseñaban, aprendían a conocerse a sí mismos y a conocer a los demás. Compartían, disfrutaban y aprendían.

8.1 El cerebro humano: un órgano muy social

Es evidente que nuestro cerebro está tremendamente comprometido con las cuestiones sociales, porque no cesamos de pensar en ellas en ningún momento del día. Las experiencias cotidianas nos permiten interactuar y conectamos con los demás a través de las expresiones faciales, la mirada o el contacto físico. Y esta parece ser la razón que nos hizo únicos a los seres humanos. En el desarrollo evolutivo de nuestra especie, la vida en grupos sociales planteó toda una serie de desafíos que posibilitaron que nuestro cerebro se hiciera más grande y mejorara su funcionamiento a fin de adaptarse al entorno y de garantizar nuestra supervivencia.

Conforme la colaboración se fue volviendo más intensa, los grupos de individuos más tolerantes y menos competitivos adquirieron una ventaja adap- tativa. Se ha identificado que el tamaño del cerebro humano está relacionado con el grupo social que podemos gestionar, que es, de promedio, de 150 personas (Dunbar, 2008). Esta misma asociación entre el tamaño de los grupos sociales y el volumen del cerebro se da también en los primates. Por ejemplo, un grupo social típico de chimpancés está formado por 55 miembros, y aunque el tamaño de su cerebro y de su corteza prefrontal en relación con el tamaño corporal es menor que en el caso de los humanos, supera al de otros primates que muestran menos comportamientos cooperativos entre miembros de distintos grupos.

Nuestro cerebro adaptativo y social garantiza que estemos continuamente enseñando a los demás. Y esta muestra de altruismo que resulta imprescindible en el proceso de formación de otros cerebros será correspondida de forma natural desde el instante preciso en que venimos al mundo.

8.2 Espejos que, a veces, se rompen

Estamos programados para la interacción social. Poco tiempo después del nacimiento, los bebés ya son capaces de imitar determinados gestos de sus padres, lo cual se explicaría por la presencia de un sistema de neuronas espejo, aunque no del todo desarrollado, y a que su sistema de inhibición de las acciones es poco funcional, debido a la escasa mielinización del lóbulo frontal, la región del cerebro que tarda más en madurar. Estas neuronas espejo constituyen el sustrato cerebral de la tendencia automática a imitar que nos caracteriza a los seres humanos, y son las que con el tiempo nos permitirán correlacionar acciones propias con ajenas y dotarlas de un significado. Así y todo, a veces pueden aparecer problemas.

Las neuronas espejo nos vinculan desde el punto de vista mental y emocional, de manera que podemos entender a los demás. Esta capacidad característica de los seres humanos —conocida como *teoría de la mente*—, gracias a la cual podemos ver el mundo desde la perspectiva de otras personas, atribuyéndoles intenciones, sentimientos y pensamientos, resulta imprescindible para comprender el comportamiento social, y en el caso de los niños autistas resulta deficitaria. Aunque el autismo constituye un espectro complejo de trastornos con síntomas sociocognitivos o

sensoriomotores que suelen manifestarse en problemas para relacionarse o en comportamientos extraños y repetitivos, a muchos niños autistas les cuesta imitar las acciones de los demás. Esto, junto a otros síntomas clínicos típicos, podría explicarse atendiendo a un funcionamiento deficiente en el sistema de las neuronas espejo, lo cual abriría la posibilidad de nuevos enfoques terapéuticos (Ramachandran, 2012). Mediante los encefalogramas, se ha identificado una supresión de las llamadas *ondas mu* cuando realizamos un movimiento u observamos a alguien realizar la misma acción. Pero en el caso de los autistas esa supresión solo se da al realizar un movimiento voluntario, no al presenciar la acción. Este patrón de actividad cerebral constituye una prueba sencilla y no invasiva para monitorizar la actividad de las neuronas espejo y puede servir como herramienta para diagnosticar rápidamente el trastorno y comenzar cuanto antes una terapia conductual, así como la aplicación de modelos que ayuden a estos niños autistas a relacionarse con los demás, lo cual reportará mejoras significativas para muchos de ellos. En concreto, de cara a mejorar las relaciones sociales, pueden resultar muy útiles las formas de tratamiento basadas en la imitación en las que el terapeuta o el adulto imitan los gestos, sonidos y acciones de los niños en un entorno espontáneo y lúdico. Además, el desarrollo de la atención conjunta en estos niños está asociado a una mejora de la competencia lingüística (Schreibman *et al.*, 2015).

8.3 Habilidades sociales intuitivas

Existen muchas investigaciones que muestran la capacidad de comprensión social innata de que gozamos los humanos, que tiene grandes implicaciones educativas en los primeros años, en los que existe un enorme desarrollo cerebral y donde el niño necesita la ayuda del adulto para sobrevivir. Cuando bebés de entre seis y diez meses observan que un círculo con ojos que intenta subir por una pendiente, y mientras lo hace es ayudado por un triángulo y obstaculizado por un cuadrado, si posteriormente se les ofrece a elegir una figura o la otra, se decantan por el triángulo altruista (Hamlin, 2015), cosa que demuestra su capacidad para evaluar conductas sociales.

Un ejemplo interesante que muestra la importancia de la interacción social en el desarrollo neuro- cognitivo proviene del estudio de la adquisición del lenguaje. Ya hace unos años que sabemos

que los bebés, en su primer semestre de vida (ver capítulo 9), son capaces de diferenciar los sonidos de distintas lenguas —los bebés japoneses, por ejemplo, pueden diferenciar la /r/ y la *lil*—, pero que cuando cumplen el año pierden la capacidad de distinguir sonidos a los que no están expuestos. Sin embargo, se ha comprobado que los niños por encima de los nueve meses pueden aprender a discriminar sonidos de otra lengua a los que no estuvieron expuestos, igual que los bebés nativos, siempre y cuando dichos sonidos provengan de una persona real y no de un video o de una grabación sonora (Kuhl, 2010). Además, la atención conjunta entre el adulto y el bebé facilita este aprendizaje (Conboy *et al.*, 2015). Del mismo modo, cuando les hablamos de forma exagerada —«mi beebeé hermoosoo»— potenciamos su capacidad para la distinción de los distintos fonemas y les permitimos adquirir un mayor vocabulario un año después (Ramírez-Esparza *et al.*, 2014).

A partir del primer año los niños ya muestran intención de cooperar. Niños de un año y medio son capaces de mostrar altruismo: por ejemplo, recogen un objeto que se le caído a un adulto y se lo devuelven sin que los premios o elogios de los padres afecten su conducta, e incluso interrumpen una actividad con la que están disfrutando para ayudar a un adulto en apuros (Hepach *et al.*, 2016). Actitudes colaborativas similares también se han observado en chimpancés, lo cual probaría que el comportamiento altruista en los seres humanos no es un producto del entorno cultural (Tomasello, 2010). No obstante, la socialización moldea el desarrollo de estas tendencias en los niños, y cuando llegan a los tres años se vuelven más selectivos al prestar ayuda y son más generosos con quienes lo han sido previamente con ellos (Wameken y Tomasello, 2013). Las normas sociales también influyen en esta conducta y los niños las aprenden y las intentan cumplir y hacer cumplir, lo cual refleja nuestra especial sensibilidad para las cuestiones sociales y la presencia de algún tipo de identidad grupal que nos inclina a cooperar.

8.4 La cooperación bajo el escáner

Las investigaciones sobre el comportamiento cooperativo en el laboratorio han utilizado tareas experimentales similares a las del «dilema del prisionero», en las que el resultado de una decisión personal depende también del otro. En el dilema original, que puede usarse en el aula para trabajar las competencias socioemo-

cionales de los alumnos, dos prisioneros cooperan para minimizar la pérdida total de libertad, pero si uno de ellos, confiando en que el otro coopere, lo traiciona, puede quedar en libertad. En el laboratorio se recrea una situación parecida en que entra en juego un pequeño beneficio económico. Las neuroimágenes han revelado que durante la cooperación se activan regiones del sistema de recompensa cerebral, como el núcleo *accumbens*, o la corteza prefrontal ventromedial (Stallen y Sanfey, 2015), que interviene en la toma de decisiones emocionales. Esta activación no solo es el resultado de un beneficio —pongamos, económico— a través de la cooperación, sino que el propio comportamiento cooperativo puede incrementar la participación de estas áreas, cosa que no ocurre cuando existe una recompensa igual sin pasar por la cooperación. La liberación de dopamina refuerza el deseo de continuar la interacción, y ello genera más altruismo y permite aplazar la recompensa de los participantes que cooperan. En experimentos en los que se han utilizado las modernas técnicas de escaneo cerebral que permiten medir la actividad del cerebro de varias personas a la vez mientras realizan una determinada tarea, como tocar en un grupo musical, se ha comprobado que existe una sincronización entre las ondas cerebrales de los participantes, incluso cuando improvisan (Müller *et al.*, 2013). No es sino una prueba más de que nuestros cerebros están preparados para la interacción social. Algo parecido se ha hallado en un estudio reciente que registró la actividad de la corteza prefrontal de diecisiete parejas de alumno-profesor durante un diálogo socrático clásico sobre geometría. Los alumnos que, aprovechando el diálogo, fueron capaces de generalizar la solución mostraron un patrón de actividad cerebral muy parecido al de sus profesores (Holper *et al.*, 2013), una correlación que indicaría una sincronización neural capaz de predecir el éxito en la tarea y que muestra la importancia que tiene para el aprendizaje que se produzca una buena sintonía entre el profesor y el alumno.

Junto a esto, nuestro cerebro también parece estar programado para detectar injusticias y ser compasivo. Eso explicaría por qué cuando nos presentan animaciones en las que aparecen figuras geométricas que se acercan o separan (test de Heider-Simmel), atribuimos cualidades humanas a esos movimientos aleatorios de las piezas, algo que les cuesta especialmente a las personas autistas, en quienes no se activa de forma adecuada la corteza prefrontal medial, el surco temporal superior y el polo temporal, tres

regiones clave del cerebro social que están implicadas en el control de los estados mentales propios y ajenos, en el reconocimiento y análisis de movimientos y acciones de las personas y en el procesamiento emocional, respectivamente (Castelli *et al.*, 2002). Asimismo, se ha identificado una fibra del sistema nervioso parasimpático regulada por el nervio vago que podría haberse desarrollado para favorecer las conductas de apego y de cuidado típicas de la compasión, las cuales garantizan la supervivencia pues facilitan la cooperación y la protección de los débiles y de aquellos que sufren (Goetz *et al.*, 2010).

Está claro que como seres sociales que somos la cooperación debe ser lo normal. Y el aula no puede ser la excepción. Eso sí, dado que implica formas de comportamiento que los niños todavía no dominan, requiere una enseñanza específica y continuada.

8.5 Cooperación en el aula

Una estrategia muy útil en el aula cuando los docentes somos incapaces de explicar de forma adecuada a un alumno un determinado concepto consiste en pedir a un compañero suyo, que sí que lo ha entendido, que se lo explique. En muchas ocasiones, el alumno que acaba de aprender algo conoce las dificultades que ha tenido para hacerlo mejor incluso que el propio profesor, al cual le puede parecer obvio lo que aprendió hace mucho tiempo. Esta situación en la que los alumnos se convierten en profesores de otros —tutoría entre iguales— beneficia el aprendizaje de todos ellos y puede resultar muy útil cuando alumnos con trastornos de aprendizaje o conductuales actúan como tutores de otros alumnos más jóvenes. Estos beneficios didácticos se deben a los circuitos cerebrales de recompensa, que intervienen tanto en los procesos asociados a la motivación individual como en las relaciones interpersonales. De hecho, la simple expectativa de la acción cooperativa es suficiente para liberar la dopamina que fortalecerá el deseo de seguir cooperando. En la práctica, se ha comprobado que cuando se pide a alguien que aprenda algo para que luego se lo enseñe a los demás en lugar de plasmar esos conocimientos en un examen tradicional, retiene más información (Lieberman, 2013). Y esta estrategia educativa tan efectiva para mejorar el aprendizaje a través de la enseñanza entre pares se optimiza cuando se cumplen dos condiciones básicas (Sigman, 2015):

1. El que enseña ensaya y pone a prueba su conocimiento, lo que le permite detectar errores y generar nuevas ideas.
2. El que enseña establece analogías o metáforas y relaciona los diferentes conceptos a través de la narrativa que va creando.

Todo ello es especialmente útil para aquellos alumnos que creen que solo pueden aprender de forma individual o mediante procedimientos tradicionales. El mero intento de buscar y encontrar estrategias que mejoren su explicación incentivará mucho su aprendizaje. Y este aprendizaje no se limitará a aquello que está enseñando, sino que le permitirá ser consciente del conocimiento del compañero y también del suyo propio. Junto a esto, no podemos obviar que la cooperación constituye una competencia fundamental en los tiempos actuales y que, en definitiva, alumnos totalmente diferentes pueden y deben aprender en el aula. Porque el aprendizaje cooperativo está directamente relacionado y ligado a la educación inclusiva: la única forma de atender juntos en el aula a alumnos diferentes es adoptando estructuras cooperativas en las que se ayuden mutuamente; por otra parte, no puede haber cooperación si se excluye a los alumnos «diferentes» —desde la perspectiva neurocientífica, todos los cerebros son diferentes— y no se asume la solidaridad o el respeto a esas diferencias (Pujolás, 2012).

La necesidad de fomentar de forma estructurada la interacción social en el aula quedó demostrada en un metaanálisis de 148 estudios en el que participaron 17 000 adolescentes con edades comprendidas entre los doce y los quince años. Los resultados revelaron que el mejor rendimiento académico y las relaciones más satisfactorias entre compañeros estaban asociadas a un trabajo cooperativo en el aula, por encima del competitivo y del individualista que todavía predominan en la actualidad (Roseth *et al.*, 2008). Asimismo, se halló una correlación positiva entre las relaciones entre compañeros y sus resultados académicos (ver figura 25), lo cual demuestra que la amistad es una herramienta imprescindible para el bienestar del alumno y que facilita un sentido de pertenencia a la escuela al suministrar sentimientos positivos hacia esta. Cuando se ha analizado qué ocurre a los estudiantes cuando cambian de escuela, el mayor predictor del éxito académico es si el alumno es capaz de hacer un amigo durante el primer mes (Hattie, 2012). Como confirman estudios muy recientes, cuando

nos sentimos socialmente apoyados mejoran nuestras funciones ejecutivas del cerebro. Sin embargo, cuando nos sentimos excluidos del grupo empeora el funcionamiento de la corteza prefrontal, la atención ejecutiva y el razonamiento (Diamond y Ling, 2016).

Se ha encontrado también una incidencia positiva del trabajo cooperativo sobre la motivación y aprendizaje del alumno, a raíz de un reciente metaanálisis en el que se han evaluado los resultados de 629 estudios independientes llevados a cabo en 26 países diferentes (Johnson *et al.*, 2014). Especialmente importante resulta la cooperación en un aprendizaje activo en el que se pide a los alumnos que trabajen y reflexionen sobre una tarea o reto inicialmente planteados, es decir, que hagan cosas con los conocimientos antes de que se los expliquemos. Cuando el mismo profesor utiliza en su materia idénticos materiales y procedimientos de evaluación, los alumnos que realizan las actividades en grupos cooperativos obtienen mejores resultados que aquellos que completan las mismas actividades individualmente, especialmente cuando se les exige una mayor reflexión sobre lo aprendido (Linton *et al.*, 2014).

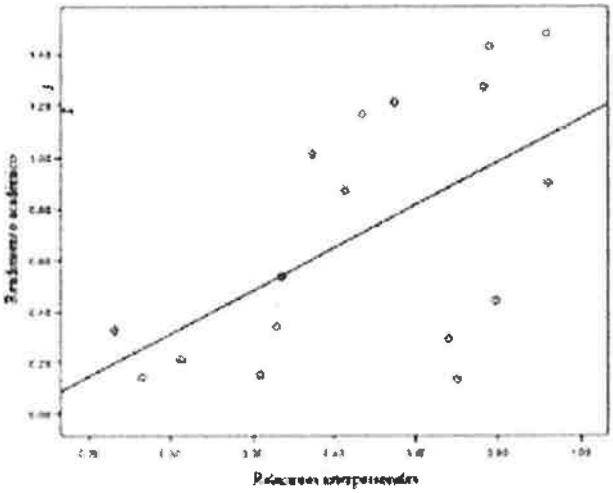

Figura 25. Correlación entre el rendimiento académico y las relaciones entre compañeros en el trabajo cooperativo (adaptación de Roseth et al., 2008)

La cooperación consiste en trabajar para alcanzar objetivos comunes. Pero no se restringe a una simple colaboración entre compañeros, porque cooperar añade ese componente emocional

que hace que las relaciones entre miembros del grupo sean más cercanas y humanas, y no se limiten, únicamente, a alcanzar los objetivos propuestos. Por ello, resulta imprescindible enseñar a los alumnos, en el marco de los programas de educación social y emocional, una serie de competencias emocionales básicas que les permitan ir aprendiendo a comunicarse, respetarse y ser solidarios, entre otras muchas cosas, y que son necesarias para que se dé un verdadero trabajo cooperativo. Además, el entorno de aprendizaje ha de facilitar la necesaria interacción cara a cara entre los alumnos a través de los grupos reducidos de trabajo que se hayan formado —cuatro miembros puede ser adecuado en muchas ocasiones—, lo cual no se consigue recurriendo a la tradicional distribución de sillas y mesas en filas y columnas orientadas hacia la mesa del profesor, quien ocupa una posición protagonista. En el aula neurodidác- tica se asume que todos aprendemos, por lo que es muy útil disponer del mobiliario móvil necesario que permita cambios regulares en el entorno del aula y que convierta a los alumnos en los auténticos protagonistas de su aprendizaje. Por eso, cuando están sentados en semicírculo preguntan y participan más (Lewinski, 2015).

Este tipo de metodología se puede aplicar en cualquier tarea o materia, puede plantearse de modo formal o informal según las necesidades temporales de la actividad y, en definitiva, es una forma estupenda de atender la diversidad en el aula, sobre todo cuando se promueve la formación de grupos heterogéneos. En la clase tradicional hay muchos alumnos que no participan y no se implican en las tareas propuestas por el profesor debido a miedos arraigados como consecuencia de experiencias pasadas negativas. Y el caso es que, a menudo, estos temores a mostrarse con naturalidad se van diluyendo cuando cooperan con otros compañeros.

Podemos utilizar el modelo propuesto por los hermanos Johnson (2016) para identificar elementos básicos que han de caracterizar el aprendizaje cooperativo, entre los cuales los dos primeros son especialmente relevantes:

—*Interdependencia positiva.* Es la percepción de que uno está vinculado a los otros de tal forma que el éxito solo se puede alcanzar junto a ellos, y viceversa. Cuando se realice una tarea, el profesor ha de plantear objetivos claros para el grupo que fomenten el compromiso entre todos los integrantes. Se une a los miembros del equipo en tomo a un objetivo común, y el

esfuerzo individual beneficia al alumno y a todos sus compañeros. Para facilitar esta interdependencia, el profesor puede incorporar premios conjuntos, distribuir los recursos o asignar diferentes funciones a cada miembro del grupo, como sería adoptar el rol de un portavoz que sintetiza el trabajo realizado, del secretario que anota las decisiones y los acuerdos o del animador que estimula la participación de los demás. Todos los grupos han de experimentar el éxito en algún momento, y este, por supuesto, se ha de celebrar siempre.

—*Responsabilidad individual.* El rendimiento de cada estudiante se evalúa y los resultados son devueltos, tanto a él como al grupo. El grupo asume la responsabilidad de alcanzar sus objetivos y cada miembro se compromete con la tarea asignada para evitar que alguien pueda ser pasivo o se aproveche del trabajo de los demás. Los alumnos pueden firmar un compromiso inicial cuyo grado de cumplimiento se evaluará de forma colectiva al final del trabajo.

—*Interacción cara a cara.* Se ha de promover el aprendizaje de los demás a través del apoyo mutuo, del respaldo personal y del *feedback* constante entre todos los miembros del grupo. Las interacciones entre compañeros han de ser estimuladoras y han de fomentar la igualdad de participación sin ningún tipo de imposiciones entre compañeros. Ello propicia, a su vez, la reflexión y el aprendizaje cognitivo asociado a la resolución de problemas, el razonamiento, el análisis de lo que se va aprendiendo, etc. Una interacción cara a cara significativa se facilita con grupos pequeños y separados unos de otros.

—*Uso adecuado de las habilidades sociales.* Para que los alumnos aprendan a trabajar de forma cooperativa, los docentes les hemos de enseñar diversas competencias interpersonales elementales relacionadas con el liderazgo, la toma de decisiones, la confianza, la comunicación, la solidaridad, el respeto o la resolución de conflictos, entre otras. Todos los miembros del equipo han de poder exponer y compartir con los demás sus ideas, y el resto ha de aprender a escucharlas. De esta forma, más allá de ser una metodología útil para el aprendizaje, la cooperación se convierte en una competencia básica que ha de enseñarse como cualquier otro contenido curricular.

—*Evaluación individual y grupal.* Los miembros del grupo han de analizar si se están alcanzando los objetivos propuestos,

para lo cual necesitan conocer las contribuciones individuales y efectuar modificaciones en las que lo requieran. Una forma de fomentar la autoevaluación es, por ejemplo, mediante cuestionarios o encuestas, de forma que los alumnos reflexionan y luego comparten sus conclusiones con el resto de compañeros.

En la práctica

Antes de introducir el aprendizaje cooperativo en el aula, se han de realizar dinámicas de grupo que permitan generar un clima favorable y cohesionado para que se fortalezca el sentido de pertenencia de los alumnos al grupo, lo cual garantizará una mayor implicación con las normas de trabajo. A través de pequeñas experiencias se fomenta la interacción entre compañeros y, así, van adquiriendo mayor confianza para trabajar juntos.

Hay estructuras cooperativas simples que se aplican a contenidos concretos y que se pueden realizar durante una clase. Y existen otras estructuras más complejas que constituyen proyectos que se pueden aplicar a contenidos más amplios y que, al ser más duraderos, exigen una dedicación temporal de diversas clases.

Veamos algunos ejemplos resumidos de estructuras simples (ver más, por ejemplo, en Pujolás, 2008) que pueden plantearse en cualquier fase del aprendizaje durante la lección o unidad didáctica que se esté trabajando. Nuestra elección ha sido arbitraria y podemos ser flexibles en ese sentido:

—*Antes de la unidad.* Al preparar la unidad, para el profesor es imprescindible evaluar los conocimientos previos del alumno, con el fin de plantear objetivos de aprendizaje que garanticen su compromiso.

El juego de las palabras: el profesor escribe en la pizarra unas palabras clave sobre el tema que se va a trabajar. Cada miembro de un grupo ha de escribir una frase con una de las palabras o expresar a qué hace referencia. A continuación, cada alumno

muestra lo que ha escrito al resto de compañeros y se analiza entre todos. Cuando se ha repetido el procedimiento con todos los miembros del grupo, se realiza un mapa conceptual o un esquema que resuma lo analizado.

—*Al inicio de la unidad.* El profesor transmite los objetivos de aprendizaje y los criterios de éxito para alcanzarlos de forma clara. La motivación inicial requiere despertar la curiosidad a

través de la novedad, planteando, por ejemplo, un problema o una pregunta al modo socrático clásico.

Parada de 3 minutos: al introducir la unidad didáctica, el profesor interrumpe la explicación y deja el intervalo de tiempo necesario —los tres minutos son una referencia— para que cada grupo reflexione sobre lo planteado y proponga dos o tres preguntas o curiosidades. Los representantes de cada grupo irán formulando una pregunta cada vez, de forma sucesiva.

—*Durante la unidad.* En el transcurso de la unidad, el profesor obtiene información sobre cómo aprende el alumno. Observa el tipo de trabajo en grupo, pregunta cuando es necesario y ayuda en la realización de la tarea, promoviendo la reflexión. Se asume que el error forma parte del proceso de aprendizaje y se suministra el *feedback* adecuado que promueve la autorregulación del alumno.

Estructura 1-2-4: el profesor plantea un problema y dentro de cada equipo, al principio, cada alumno reflexiona de forma individual y anota su respuesta. Luego se produce el intercambio con un compañero y ambos analizan sus respuestas conjuntamente. Finalmente, todo el equipo comparte las respuestas y analiza cuál de ellas es la óptima.

—*Al final de la unidad.* En la fase final es imprescindible que los alumnos reflexionen sobre el aprendizaje y sobre su progreso. Esto se puede hacer resumiendo las ideas principales trabajadas durante la unidad. El profesor podrá evaluar, de este modo, si se han cumplido los objetivos iniciales.

Lápices al centro: asumiendo que los grupos de trabajo contienen 4 alumnos, el profesor proporciona 4 preguntas sobre la unidad trabajada, y cada miembro del grupo se hace cargo de una de ellas. Cada alumno lee su pregunta y expone su respuesta y, a continuación, cada compañero expresa su opinión al respecto hasta que se decide cuál es la respuesta más adecuada —*lápices al centro* hace referencia a que el momento inicial comporta hablar y escuchar, mientras que al final llega el momento para escribir—.

8.6 La tecnología en el aprendizaje cooperativo

Aunque existen evidencias claras de que la interacción cara a cara es más efectiva que la interacción a través de dispositivos elec-

trónicos en el trabajo cooperativo, las tecnologías digitales pueden ampliar la comunicación y la forma de colaboración entre los miembros de un equipo y facilitar la adquisición de competencias básicas en los tiempos actuales (Johnson y Johnson, 2014). Veamos algunos ejemplos concretos:

—*Lectura cooperativa.* Dispositivos electrónicos como Kindle o ciertas aplicaciones en tabletas permiten a los miembros de un grupo compartir fragmentos de libros que estén leyendo, con los subrayados, anotaciones o reflexiones correspondientes.

—*Escritura cooperativa.* Google Docs puede utilizarse para escribir o editar un documento compartido analizándolo y modificándolo en tiempo real.

—*Discusión engrupo.* A través de mensajes de texto en redes sociales, o por medio de videoconferencias en aplicaciones como Skype, los miembros de un grupo pueden discutir y reflexionar sobre las cuestiones que están estudiando.

—*Presentación de trabajos.* Aplicaciones en línea como Flickr permiten a los miembros de un grupo compartir fotos con el resto o añadirles comentarios, y los resultados pueden constituir elementos visuales importantes en las presentaciones.

—*Proyectos multimedia.* Una de las formas más sencillas de combinar el aprendizaje cooperativo con la tecnología es a través de la realización de proyectos multimedia, como videos (EDpuzzle), murales digitales (Glogster), animaciones (Stop Motion Lite para móvil) y muchos más.

—*Webquests.* Constituye una herramienta en la cual el profesor suministra a los alumnos enlaces a páginas web o videos en internet para que busquen información con la que puedan resolver una tarea.

—*Creación de páginas web.* Cada grupo cooperativo puede crear su página web en la cual se reflejen los objetivos y el progreso del trabajo y donde se pueda incorporar el portafolio correspondiente. Google Sites, Wix o Jimdo utilizan herramientas sencillas de creación, y WordPress o Blogger son buenas opciones si se prefiere el entorno más dinámico de un blog.

—*Videojuegos de simulación.* Hay videojuegos de simulación que facilitan la participación simultánea de varios jugadores, como *Civilization IV* —sobre las distintas civilizaciones de la

historia—, y que además permiten la cooperación de los alumnos con otros de distintas escuelas e, incluso, de distintos países.

—*Gestión de cursos*. Las comunidades de aprendizaje pueden crearse y gestionarse en línea con programas como Moodle, que permiten compartir una gran variedad de recursos y fomentar las interacciones grupales.

Como comentábamos en el capítulo 6, cuando se utilizan las tecnologías digitales de forma adecuada, estas se convierten en potentes herramientas de aprendizaje que suministran a los alumnos un *feed- back* inmediato y que, además, les permiten cooperar en una gran variedad de tareas que facilitarán un aprendizaje más eficiente. Asimismo, los profesores podemos utilizar estas tecnologías para realizar el seguimiento del trabajo cooperativo de los alumnos en los grupos asignados, tanto en el aula como fuera de ella. Las nuevas relaciones en línea —a las cuales debemos adaptamos, debido a las exigencias actuales— modificarán los hábitos comunicativos y harán que las escuelas se conviertan en el lugar donde los niños y los adolescentes pasen más tiempo interaccionando cara a cara. Nuevos retos para el aprendizaje.

8.7 Apreñdizaje-servicio

Como comentábamos anteriormente, existen diversas estructuras cooperativas simples que se aplican a un contenido de aprendizaje de una materia determinada y que constituyen actividades de corta duración. Pero cuando los alumnos han adquirido mayor experiencia en el trabajo cooperativo, ya podemos introducir la metodología por proyectos. Y qué mejor forma de hacerlo que mediante el aprendizaje-servicio (ApS), una propuesta educativa que consiste en aprender haciendo un servicio a la comunidad. Se asume que los niños y adolescentes actuales ya pueden ser ciudadanos activos capaces de mejorar la sociedad aprendiendo valores éticos y ejerciéndolos en la práctica (Batlle, 2013a). Este tipo de proyectos, que requieren la cooperación dentro de la escuela —entre alumnos y maestros— o fuera de ella —entre los centros educativos y las entidades sociales, por ejemplo—, constituye una excelente forma de vincular el aprendizaje al mundo real y de trabajar de forma activa muchas competencias básicas que capacitarán a los alumnos para desenvolverse en la vida, que es uno de los

objetivos esenciales que se asumen desde la perspectiva neuroeducativa. El ApS es una metodología pedagógica activa orientada a la cooperación y al altruismo que, mediante un tratamiento interdisciplinar, permite acercar la escuela a cuestiones socialmente significativas y vincular, así, la acción, el conocimiento y los valores. De esta forma, los alumnos relacionan aspectos cognitivos y emocionales del aprendizaje haciendo, reflexionando y sintiendo.

De forma parecida a como se organiza cualquier trabajo por proyectos, con la planificación, ejecución y evaluación correspondientes, un esquema de desarrollo de un proyecto ApS podría ser el que se muestra en la tabla 3 (Palos, 2015), aunque puede estar abierto a cambios imprevistos. Identificar las necesidades sociales, pensar el servicio que los alumnos desarrollarán y qué competencias de aprendizaje podrían vincularse a dicho servicio son partes esenciales del proceso, sin olvidar la importancia de centrar la evaluación en las competencias y de involucrar al alumnado en varios momentos del proceso: al inicio de la actividad, durante su desarrollo y al acabarla.

ETAPA	FASES
Preparación y Planificación	• Perfilar la actividad • Identificar necesidades, posibles servicios y aprendizajes • Identificar entidades y apoyos (profesionales y entidades educativas y sociales) • Planificar la actividad: aspectos pedagógicos y aspectos organizativos y de gestión
Realización y seguimiento	• Seguimiento de los aprendizajes que se van realizando • Seguimiento del servicio • Seguimiento de los aspectos organizativos
Evaluación individual	• Evaluación del alumnado • Evaluación del proyecto
Cierre y difusión	• Elaboración de documentos de difusión • Celebración y cierre del proyecto

Tabla 3. Esquema de desarrollo de un proyecto ApS

En la práctica

Los proyectos cooperativos ApS pueden abordar temáticas y retos sociales muy diversos y se pueden realizar en cualquier etapa educativa. Veamos algunos ejemplos que ya se han puesto en práctica (ver más en Batlle, 2013b):

—*Educación Primaria:* banco de alimentos

Se recogen alimentos que se ponen a disposición de las entidades sociales para ayudar a barrios pobres. Los niños aprenden conocimientos sobre nutrición, sobre las desigualdades sociales o la pobreza y sobre la necesidad de no despilfarrar alimentos. Y, junto a ello, adquieren una actitud comprometida y mejoran habilidades de organización y comunicación.

—*Educación Secundaria:* campaña de donación de sangre

Se organiza una campaña para sensibilizar al vecindario sobre la necesidad de donar sangre, dados los déficits de reservas de los bancos de sangre en los hospitales. Se desarrollan exposiciones en el colegio, se realizan trabajos de investigación complementarios, los alumnos explican a los más pequeños en qué consiste la campaña de donación, se implica a las familias, se busca la colaboración de las entidades del barrio o se crea un blog en el que se explica el desarrollo del proceso.

—*Bachillerato:* promoción del ocio nocturno saludable

Los adolescentes se forman como dinamizadores y organizan alternativas al ocio nocturno para los jóvenes en el barrio. Los alumnos conocen los problemas asociados al consumo de drogas y alcohol y aprenden acerca de otras opciones lúdicas mientras adquieren habilidades asociadas al trabajo cooperativo.

—*Universidad:* artes escénicas por los derechos humanos

Estudiantes de Magisterio organizan obras de teatro con niños en riesgo de exclusión social para concienciar a la comunidad educativa sobre la igualdad de oportunidades. Se utilizan las actividades artísticas para desarrollar proyectos interdisciplinares que permitan a estos niños la adquisición de competencias socioemocionales básicas.

8.8 Cooperación en la escuela y más allá

El ApS pone de manifiesto el valor en la educación de hacer participar de forma cooperativa a todos los integrantes de la comunidad educativa junto a la sociedad, debido a la relevancia que tiene en el proceso de transformación y mejora de esta. Cuando los niños llegan a la escuela, lo hacen con cerebros moldeados por el entorno familiar, social y cultural, por lo que es necesario vincular el hogar, la comunidad y la escuela. Un centro que no asuma esta participación colectiva y que no tenga claros los objetivos educativos, los valores y las normas generales, difícilmente podrá ge-

nerar el entorno necesario para que se dé un aprendizaje real. Un ejemplo de ello lo tenemos en el caso del acoso escolar (*bullying*), el cual puede ser físico, verbal o ejercido a través de la exclusión. La ausencia de estructuras jerárquicas, reglas establecidas o de la guía adecuada por parte de los adultos hace que los niños recurran a estrategias más primitivas para establecer las estructuras sociales, lo cual es más probable que se produzca durante periodos de transición social —como al comienzo de la etapa de Educación Secundaria— y que puede llegar a perjudicar seriamente la salud mental de muchos adolescentes, especialmente cuando los abusos son graves o prolongados en el tiempo (Stadler *et al.*, 2010). Se estima que entre el 5 % y el 20 % de los niños son víctimas del acoso escolar (Van Geel *et al.*, 2014), si bien se han detectado notables diferencias culturales. Ello sugiere que el acoso escolar puede modificarse cuando el clima socioemocional en el aula y en la escuela es el apropiado. La creación de un grupo escolar específico formado por padres, profesores o un consejo asesor de alumnos puede ser de gran ayuda para solucionar estos problemas. Y se ha comprobado que los programas más exitosos —que forman parte de la indispensable educación emocional— incluyen reglas y protocolos rápidos y claros de intervención para antes, durante y después del incidente. Las escuelas con una disciplina positiva en las que se enseñan estrategias de resolución de conflictos basadas en la empatia y el diálogo, con familias más involucradas y con un mayor grado de exigencia en la adquisición de competencias experimentan menos casos de acoso escolar (Cozolino, 2013).

En una escuela basada en la cooperación, todos los miembros forman una comunidad en la que se apoyan mutuamente y en la que son y se sienten importantes. Y ello posibilita, por ejemplo, que alumnos de distintas edades y etapas educativas participen en talleres temáticos que ellos mismos eligen y en donde el profesor realiza una tarea imprescindible de orientación y facilitación del aprendizaje.

¿Qué tipo de educación queremos? Desde el enfoque tradicional, que todavía es muy común en las escuelas actuales, encontramos en el aula la clásica distribución de mesas en filas y columnas en donde el profesor, en una posición dominante, no para de transmitir conocimientos —como ya comentamos, él es el que sabe mucho— a sus alumnos —ellos son los que saben poco—. Como consecuencia del rol pasivo que desempeñan en el aula, mu-

chos estudiantes sienten desinterés y desmotivación, con lo que su aprendizaje se ve muy perjudicado. El intento de atribuir los resultados negativos de los alumnos a su falta de voluntad lleva muchas veces al docente a repetir una y otra vez la misma metodología. Sin embargo, en la mayoría de ocasiones, lo que se requiere es la utilización de estrategias diferentes, no «más de lo mismo». El enfoque moderno, que está en consonancia con la neuroeducación, fomenta la participación activa del alumno en el proceso de aprendizaje, que es gestionado por el profesor, quien en el aula habla menos, escucha más y, por supuesto, también aprende. En este sentido, el aprendizaje cooperativo es muy útil, porque conlleva beneficios de índole social, psicológico y académico, favorece la aceptación de la diversidad, lo que genera climas emocionales más positivos en el aula, y promueve estrategias de pensamiento analítico y crítico. Manfred Spitzer (2005, p. 314) resume muy bien la necesidad de este tipo de aprendizaje activo y comprometido: «El comportamiento social solo puede aprenderse en una comunidad en la cual y con la cual se puede y se debe actuar. La cooperación se aprende de una forma lúdica, pero el juego no se llama *parchís* ni tampoco *Monopoly*. Se llama ¡convivencia!». Actuemos, pues; nuestro cerebro social nos lo agradecerá.

9.

Una escuela con cerebro

«Estamos en un punto en el que los resultados de la neurociencia pueden ejercer una influencia significativa en la sociedad y en nuestra comprensión de nosotros mismos, y cambiarlas».

MARCO IACOBONI

Acabo de presenciar un musical en el que han participado alumnos de distintas etapas educativas. Todos ellos diferentes y únicos, con sus capacidades, fortalezas, motivaciones e intereses. Y sin embargo, cuando estaban juntos sobre el escenario formaban parte del grupo de teatro. Un colectivo en el que todos son bienvenidos y donde dejan de ser disléxicos, hiperactivos, autistas..., para convertirse en actores que preparan con esfuerzo y pasión una representación —como decía, un musical—, que constituye una de las experiencias de aprendizaje más enriquecedoras que se puede dar en un centro educativo. Y qué emocionante cuando percibes la alegría en el rostro de esos niños y adolescentes que, cada uno con sus aportaciones individuales, se sienten protagonistas y partícipes de ese gran proyecto común. Y también la satisfacción de los profesores, imprescindibles en el proceso de acompañamiento y descubrimiento, o la de los padres, que casi siempre acaban asumiendo el valor de optimizar las virtudes de sus hijos. En definitiva, una alegría compartida que revela la naturaleza social del aprendizaje y que muestra que en neuroeducación todos somos útiles y necesarios.

Analicemos, a continuación, algunas evidencias empíricas relevantes —relacionadas con el aprendizaje de la lectura, el aprendizaje de la aritmética, el entorno de aprendizaje, la evaluación y la atención a la diversidad en el aula— que pueden optimizar diversas competencias imprescindibles en una verdadera Escuela con Cerebro.

9.1 El cerebro lector

La lectura constituye una de las actividades más asequibles para

mantener una buena salud cerebral, porque en este proceso intervienen muchas funciones cognitivas diferentes, como la percepción, la atención, la memoria o el razonamiento. Al leer, se activa una gran cantidad de circuitos neuronales y regiones concretas del cerebro que nos permiten, en milésimas de segundo, reconocer las letras, combinarlas para formar palabras, asignarles sonidos para poder pronunciarlas y dotarlas de significado. El aprendizaje de la lectura, que resulta esencial para el buen desarrollo personal y social del alumnado, es una de las áreas de investigación en neurociencia que ha suministrado en los últimos años más información novedosa, y con grandes implicaciones pedagógicas. Analicemos algunas de ellas:

9.1.1 Leer no es natural

El cerebro del bebé ya está organizado para procesar el habla, pero la lectura no es una actividad natural para el niño. Como la escritura es un invento evolutivamente demasiado reciente, nuestro patrimonio genético no incluye circuitos cerebrales específicos destinados a la lectura y es, pues, una habilidad que debemos aprender. Esa es la razón por la que su aprendizaje puede resultar complicado para muchos niños, como los disléxicos.

Aunque la lectura es una destreza nueva para el cerebro, su aprendizaje varía según la lengua. Así, por ejemplo, en lenguas transparentes como el español, los niños requieren menos tiempo para aprender la gran mayoría de las palabras, debido a que existe una correspondencia entre fonemas y grafemas — con alguna excepción, cada grafema corresponde a un solo fonema—, mientras que el proceso se ralentiza en lenguas opacas, como el inglés, dadas sus mayores irregularidades (Dehaene, 2015).

9.1.2 Los bebés, genios lingüísticos

Antes de aprender a leer, el cerebro del bebé ya está organizado para el lenguaje hablado. A los pocos meses de edad, en el bebé se activan circuitos neurales del hemisferio izquierdo idénticos a los que se ponen en funcionamiento en los adultos cuando escuchan frases en su lengua materna (Dehaene, 2013). Aunque no entiendan las palabras, a través de un proceso de inferencia estadística, los bebés son capaces de reconocer sonidos de cualquier idioma entre el sexto y el octavo mes. No obstante, a los diez meses, esta capacidad comienza a declinar y ya muestran preferencias por

los sonidos de la lengua a la que están expuestos. Y si es más de una, como sucede en un entorno bilingüe, ello no va a perjudicar el aprendizaje de la lengua materna. De hecho, alternar entre dos lenguas constituye para los niños bilingües un excelente entrenamiento de las funciones ejecutivas (Ferjan-Ramírez *et al.*, 2016). En todo caso, no se debe olvidar la importancia del contexto social en el proceso, tal como analizábamos en el capítulo anterior.

Con dos años, el niño puede nombrar los objetos en voz alta, ya que tiene un sistema visual organizado que le permite identificarlos. Pero leer una palabra requiere mayor complejidad, y los estudios en neuro- ciencia revelan que para reconocer letras y palabras escritas se ha de reciclar una región específica de la corteza visual: el área visual de formación de palabras o «caja de letras del cerebro» (en inglés, VWFA, *visual wordform area,* o *letterbox),* un área en la que se concentra gran parte del conocimiento visual de las letras y de sus combinaciones. Y aunque existan periodos sensibles para el aprendizaje de la lectura, un aprendizaje temprano del niño, hacia los tres años de edad, no tiene por qué ser más eficiente que cuando tiene lugar a los siete u ocho años, por ejemplo. Ajustarse a las necesidades individuales es la prioridad.

9.1.3 Reciclaje neuronal

Las evidencias empíricas sugieren que para el aprendizaje de la lectura se necesita que una parte de las neuronas de una región que integra las áreas visuales del cerebro del niño en el lóbulo temporal izquierdo y que le sirven para reconocer objetos y rostros, la ya mencionada «caja de letras», se recicle para que pueda responder cada vez más a las letras y las palabras. Esta importante región interviene en un circuito de lectura universal que comprende rutas tanto fonológicas como semánticas, y se activa de forma proporcional a la capacidad lectora, es decir, los lectores adultos y los niños que saben leer activan más la «caja de letras» que las personas analfabetas o los niños que todavía no han aprendido a leer, respectivamente (Dehaene *et al.* 2015). Y no es solo esta región cerebral la que se desarrolla, dado que aprendiendo a leer se mejoran circuitos que codifican la información visual y los sonidos de las palabras, lo cual tiene una incidencia positiva en la memoria oral.

9.1.4 Conciencia fonológica

La conciencia fonológica es una competencia esencial en el aprendizaje de la lectura que posibilita al niño ser consciente de los sonidos elementales que componen las palabras del lenguaje hablado, esto es, de los fonemas. En la fase inicial del aprendizaje de la lectura, en la cual se va conociendo el abecedario, es imprescindible la decodificación fonológica que permitirá al niño ir articulando los fonemas que forman una sílaba (*caaa-saaa*) y descomponer cada palabra letra a letra (*c-a-s-a*) para identificarla y conocer su significado. A medida que el proceso se vaya automatizando, el cerebro ya no necesitará descomponer la palabra letra a letra y la identificará con su representación ortográfica buscando su significado. En la práctica, puede acelerarse la adquisición de la conciencia fonológica por medio de juegos lingüísticos como adivinanzas, rimas, rondas infantiles, etc. (Shanahan y Lonigan, 2010).

9.1.5 Atención, pero la adecuada

Pese a que en el niño habrá una tendencia natural a interpretar la palabra como un todo, se requiere una atención selectiva para poder ir identificando las letras que conforman las palabras. En la práctica, se ha comprobado que no es suficiente exponer al niño a letras, sino que hay que ir enseñándole de forma sistemática las correspondencias entre grafemas y fonemas para acelerar el aprendizaje de la lectura, ya que ello propicia que ciertas áreas corticales terminen especializándose en el reconocimiento de las palabras escritas. Al explicar a los niños que las palabras están compuestas por letras, que constituyen las unidades elementales del lenguaje hablado, se activa con normalidad la «caja de letras» del cerebro y con ello el circuito de lectura universal del hemisferio izquierdo, que es el más eficiente. Sin embargo, cuando se focaliza la atención a la palabra completa, la información satura la memoria de trabajo del niño y se activa una región del hemisferio derecho que es menos eficiente en el proceso de la lectura (Dehaene *et al.*, 2015). En definitiva, el entrenamiento fonológico en el que se dirige la atención a las correspondencias entre fonemas y grafemas parece ser el más adecuado para el aprendizaje del niño, y favorece en él un desarrollo autónomo. Además, se ha comprobado que es el más eficaz en el caso de niños disléxicos (Shaywitz *et al.*, 2004).

9.1.6 Escritura en espejo

La confusión de letras en espejo (por ejemplo, *b* y *d)* es un fenómeno que puede darse de forma transitoria en cualquier niño, no solo en los disléxicos, y está directamente relacionada con el reciclaje neuronal del que hablábamos más arriba. Nuestro cerebro evolucionó desarrollando un sistema que nos permite identificar los rostros y saber que una persona es la misma vista desde la izquierda y desde la derecha. Y esta misma organización cerebral es la que hace que el niño vea letras simétricas y las identifique como iguales. Pero esta capacidad cerebral para el reconocimiento visual de caras no es útil en la escritura, de modo que se ha de producir el correspondiente reciclaje neuronal o, si se quiere, el desaprendizaje en la «caja de letras del cerebro» (Dehaene *et al.*, 2010). En este proceso, se ha comprobado que es muy útil enseñar a los niños ejercicios en los que vayan trazando las letras con los dedos. Añadir los estímulos visuales y auditivos a la exploración háptica, a través de la práctica de los gestos de escritura, acelera el aprendizaje de la lectura (Fredembach *et al.*, 2009), pues se incide en una ruta neural específica que no está asociada al reconocimiento de objetos, sino a su orientación. Ante las letras estáticas se activa la «caja de letras», pero cuando están en movimiento —al escribirlas— se activa, en cualquier lengua, una región de la corteza premotora izquierda asociada a los gestos: el área de Exner (Nakamura *et al.*, 2012). Esto apoya una vez más la importancia de apostar por un enfoque multisensorial en el aprendizaje, el cual contradice el neuromito tan arraigado de los estilos de aprendizaje —visual, auditivo y cinestésico—.

9.1.7 Automatismos

A través de la práctica, el niño automatizará el proceso de la lectura liberando espacio en su memoria de trabajo y mejorando, así, la eficiencia cerebral. No es casualidad que el grado de comprensión de los textos escritos por parte de los adolescentes dependa de la frecuencia de sus lecturas durante la infancia (Cunningham y Stanovich, 1997).

En los lectores expertos se activan de forma paralela dos rutas neurales de procesamiento que son complementarias: la fonológica, que es la que utilizamos para pronunciar las palabras nuevas e intentar acceder a su significado, y la léxica, que es la que utilizamos para palabras conocidas y que nos permite recuperar de

forma directa su significado (Dehaene *et al.*, 2015). Pues bien, el niño, conforme va automatizando la lectura, convierte la decodificación de las palabras en un proceso en que intervienen simultáneamente ambas vías, y reconoce con mayor rapidez las palabras frecuentes, porque empieza a desarrollar la ruta léxica y así puede interpretar directamente el significado de las palabras escritas sin que hayan de mediar los sonidos ligados a la pronunciación. Conforme el niño aprende a leer, dispondrá de más herramientas que le ayudarán a entender el significado de las palabras.

9.1.8. ¿Y en el caso de la dislexia?

Algunos niños, por más que reciban una enseñanza adecuada y se esfuercen mucho, presentan dificultades para aprender a leer, mientras que pueden desenvolverse muy bien en otro tipo de tareas.

En la actualidad sabemos que la dislexia tiene un origen genético, que se da más en las lenguas opacas y que está asociada a una mayor dificultad en la adquisición de la conciencia fonológica. Las neuroimágenes han revelado una activación anormal en regiones del lóbulo temporal izquierdo que conllevan anomalías en el código fonológico y que no permiten que la lectura se desarrolle en las áreas visuales del cerebro. Sin embargo, sabemos que este proceso se puede invertir a través de la práctica apropiada, como es enseñar a los niños disléxicos las correspondencias entre grafemas y fonemas. Para ello, es clave la detección temprana de estos déficits para que podamos aplicar los correspondientes programas compensatorios —como el programa *GraphoGame*—, que mejorarán el funcionamiento de la «caja de letras del cerebro» en pocas semanas de entrenamiento. En encefalogramas de bebés con riesgos hereditarios de dislexia se ha observado un patrón de respuesta anormal a cambios de sonido, el cual podría facilitar una detección precoz, tal como muestra un estudio longitudinal llevado a cabo por investigadores finlandeses de la Universidad de Jyväskylá (Lyytinen *et al.*, 2015).

9.1.9 Principios fundamentales

Como resultado de todas las investigaciones que ha realizado, el prestigioso neurocientífico Stanislas Dehaene (2015) ha establecido una serie de principios básicos, todos ellos igual de importantes, que pueden orientar la enseñanza de la lectura en la fase

inicial, aquella en la cual la decodificación fonológica adquiere un protagonismo fundamental. Estos principios —referidos al español— son los siguientes:

1. *Principio de enseñanza explícita del código alfabético:* el abecedario español funciona atendiendo a reglas simples que se han de conocer.
2. *Principio de progresión racional:* hay ciertos grafemas que son prioritarios, por lo que hay que enseñarlos antes.
3. *Principio de aprendizaje activo, que asocia lectura y escritura:* aprender a componer las palabras y a escribirlas facilita el aprendizaje de la lectura en muchas etapas.
4. *Principio de transferencia de lo explícito a lo implícito:* se ha de facilitar el proceso de automatización de la lectura.
5. *Principio de elección racional de los ejemplos y de los ejercicios:* la elección de ejercicios y ejemplos ha de ser cuidadosa y debe tener en cuenta el nivel del alumno.
6. *Principio de compromiso activo, de atención y de disfrute:* el contexto de aprendizaje ha de propiciar que el niño se sienta seguro y motivado.
7. *Principio de adaptación al nivel del niño:* el proceso de aprendizaje no puede ser mecánico, sino que debe proponer retos adecuados que permitan al niño sentirse protagonista y seguir avanzando.

En la enseñanza, muchas veces las simples intuiciones no bastan para garantizar las buenas prácticas educativas, por lo cual los docentes deberíamos analizarlas y contrastarlas de forma rigurosa en el aula. Conocer los factores fisiológicos, socioemocionales o conductuales que inciden en el aprendizaje de la lectura facilitará el progreso de cada niño. Y eso es lo más importante.

9.2 El cerebro matemático

Las dificultades en matemáticas son bastante frecuentes en el aula, y provocan estrés y ansiedad en una gran cantidad de alumnos. Estos efectos pueden prolongarse hasta la vida adulta, por lo que es importante la detección y la correspondiente intervención en los entornos educativos. Investigaciones recientes en neurociencia que se centran en el aprendizaje de las habilidades numéricas —esencial para el aprendizaje matemático— pueden mejorar esta

situación. Analicemos algunos aspectos relevantes:

9.2.1 Sentido numérico innato

El bebé nace con mecanismos innatos que le permiten discriminar entre dos o tres objetos sin necesidad de contar y entender operaciones aritméticas elementales en las que intervienen los primeros números naturales. Por ejemplo, en un experimento que se ha replicado varias veces, se mostró a bebés de cinco meses un juguete en un escenario y, a continuación, se subió una pantalla para que lo ocultara. Ante la mirada del bebé, se colocó un segundo juguete detrás de la pantalla y, posteriormente, se descubrió de nuevo. En algunas ocasiones aparecían dos juguetes, lo cual coincide con el resultado lógico (1 + 1 = 2), mientras que en otros casos se mostraba solamente uno, lo que corresponde a un resultado imposible (1 + 1 = 1). En psicología del desarrollo ya se sabía que los bebés pasan más tiempo analizando una situación inesperada o irreal que frente a escenas normales. Y así fue: los bebés dedicaron mucho más tiempo a observar la situación en la que aparecía solo un juguete, que era la que se asociaba al resultado imposible (Wynn, 1992). Este tipo de experimentos demuestra que nacemos con un sentido numérico rudimentario, que también está presente en otros animales —fundamental en su proceso adaptativo al entorno—, cosa que sugiere que es independiente del lenguaje y que lleva tras de sí una larga historia evolutiva.

Investigaciones recientes han demostrado que el sentido numérico que permite a los bebés identificar pequeñas cantidades sin necesidad de contar también les permite comparar cantidades mayores (ver figura 26), un proceso que se irá puliendo progresivamente a lo largo de la infancia hasta alcanzar el nivel de la capacidad adulta en la adolescencia. Se cree que la combinación de estas dos formas diferentes de representación numérica, una para números pequeños —hasta el tres— y otra intuitiva para números grandes —que nos informa de que cualquier conjunto tiene asociado un número cardinal —, es fundamental para que el niño, en tomo a los tres o cuatro años de edad, vaya comprendiendo el concepto de *número natural,* esencial para el aprendizaje de la aritmética (Dehaene, 2016). Como paso previo a la adquisición de conceptos matemáticos más complejos, el niño infiere que un conjunto posee un número de elementos concreto, por ejemplo 15, y que este número aporta una información diferente de 14 o 16.

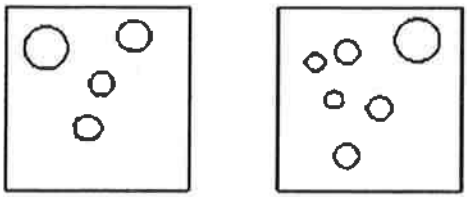

Figura 26. ¿Dónde hay más bolas?

En contra de lo que pensaba Piaget, los niños en la etapa de Educación Infantil muestran un sentido numérico que les faculta para adentrarse en el terreno de la aritmética sin que se les haya enseñado el lenguaje simbólico asociado a ella. Niños de cinco y seis años que no saben sumar se desenvuelven muy bien en operaciones del tipo: «María tiene 21 golosinas y consigue 30 más. Juan tiene 34. ¿Quién tiene más?», referidas a la suma, o «María tiene 64 golosinas y regala 13. Juan tiene 34. ¿Quién tiene más?», referidas a la resta (Gilmore *et al*, 2007). Esto prueba que son capaces de convertir el planteamiento verbal del problema en cantidades y de pensar en ellas sin que les haga falta realizar cálculos exactos, esto es, poseen una comprensión de la aritmética simbólica basada en una intuición temprana de las magnitudes.

Los experimentos con neuroimágenes han revelado que existe una franja específica de la corteza cerebral que se encuentra en los dos hemisferios del lóbulo parietal, el surco intraparietal, que se activa ante cualquier tipo de presentación numérica, sea un conjunto de puntos, un símbolo o una palabra que hace referencia a un número (Dehaene *et al.*, 2003). Pues bien, durante su desarrollo, el niño aprende a relacionar la representación no simbólica («••••») asociada a la aproximación, que es independiente del lenguaje, con el sistema de representación simbólico que se le enseña para caracterizar a los números, bien mediante los números arábigos (3,4...), bien mediante las palabras *(tres, cuatro...)*.

Existen evidencias empíricas que demuestran que estos dos sistemas de representación diferentes, uno innato y el otro adquirido, están muy relacionados: los niños que se desenvuelven mejor en tareas no simbólicas del tipo estimaciones o aproximaciones, lo hacen también mejor en las tareas que requieren del lenguaje simbólico, como ocurre con las operaciones aritméticas exactas, y ello predice un mejor rendimiento en la asignatura de matemáticas años después (Wang *et al.*, 2016). No es casualidad

que los programas informáticos utilizados con éxito para el tratamiento de la discalculia (ver capítulo 6) se basen en el diseño de actividades que integran las competencias numéricas asociadas al conteo con aquellas intuitivas que permiten comparar cantidades. De esta forma se mejora la activación del surco intraparietal —también su conexión con la corteza prefrontal—, que sería para los números el equivalente del área visual de formación de palabras para las letras.

Y si el sistema numérico aproximado influye en el rendimiento académico del alumno en las matemáticas, también parece hacerlo el conocimiento numérico simbólico, como es el caso de las tareas aritméticas que incluyen los conceptos de *cardinal* —«¿Cuántos lápices hay sobre la mesa?»— o de *ordinal* —«Señala el tercer lápiz»—. Introducir actividades informales en la infancia temprana que incluyan los símbolos numéricos, como sucede en multitud de juegos de mesa, constituye una estrategia educativa muy útil que también se puede favorecer en el entorno familiar (Merkley y Ansarí, 2016). En pocas palabras, parece existir una relación bidireccional entre los símbolos y las cantidades.

9.2.2 De la cognición numérica a la educación

No sabemos cuántos niños de los muchos que manifiestan dificultades en el aprendizaje de la aritmética padecen alteraciones cerebrales identificables. Seguramente, en muchos casos no existe ninguna alteración y el problema reside en que no han recibido la enseñanza adecuada. De hecho, algunos niños, como aquellos que han crecido en entornos socioeconómicos desfavorecidos, muestran déficits en el cálculo aun teniendo un sentido numérico normal, es decir, no pueden acceder a él a través de los símbolos numéricos debido a la peor educación que han recibido (Dehaene, 2016). La pregunta que nos planteamos es: ¿qué puede hacer la escuela al respecto?

Hemos visto que operaciones como sumas y restas simples, estimaciones numéricas, comparaciones o el conteo emergen de forma espontánea en los niños, razón por la cual tendría que aprovecharse esta capacidad numérica intuitiva que forma parte de nuestra estructura cerebral, en lugar de introducir las matemáticas como una disciplina abstracta. Lo importante no es enseñar recetas aritméticas —en su mayor parte, repetitivas y descontextualizadas—, sino ir asociando el cálculo a su significado explícito.

En definitiva, aprovechar el bagaje informal de que disponen los niños.

Por ejemplo, muchas veces, se considera inadecuado que el niño cuente con los dedos. Sin embargo, sabemos que contar con los dedos es un precursor importante para aprender la base 10, que el entrenamiento con los dedos mejora las habilidades matemáticas y que aquellos que mejor saben manejarlos obtendrán después mejores resultados en cálculos numéricos (Gracia-Bafalluy y Noel, 2008).

Del mismo modo, se suele considerar un error que el niño resuelva una operación aritmética básica del tipo 5 + 6 = 11 de forma indirecta y no de memoria —pensando, por ejemplo, que 5 + 5 es 10 y que 6 es una unidad más que 5—. Todo ello coarta la creatividad del alumnado y va convirtiendo las matemáticas iniciales en un cálculo exclusivamente mecánico. Esa es la razón por la que un niño de seis años responde de forma inmediata, sin realizar ningún cálculo, que 7 es el resultado de la operación 7 + 4 - 4 mientras que uno de nueve años, con mucha mayor experiencia, tiende a realizar el cálculo completo (7 + 4= 11 y 11-4 = 7) porque le parece que es lo adecuado. Y despreciar las habilidades tempranas de los niños puede perjudicar su opinión posterior alrededor de las matemáticas —cosa que no suele ocurrir al principio de la Educación Primaria— y hacer que se desencadenen reacciones emocionales negativas asociadas a la ansiedad y el estrés, las cuales ocasionan muchos estereotipos y percepciones erróneas en los alumnos sobre su propia capacidad, que a menudo se mantendrán a lo largo de la vida. Por cierto, se ha comprobado que los adolescentes que muestran ansiedad ante las matemáticas obtienen mejores resultados en los exámenes si escriben sobre sus sentimientos y preocupaciones durante diez minutos antes de realizar las pruebas (Ramírez y Beilock, 2011).

En la práctica, la mejor forma para prevenir y combatir las opiniones negativas de los alumnos sobre las matemáticas es vincular su aprendizaje a situaciones concretas de la vida real, y no a conceptos abstractos. Por ejemplo, consideremos la resta 8-3 = 5. Los adultos podemos asimilar esa situación a una gran variedad de casos prácticos: si en un recorrido de 8 km hemos caminado 3 km, nos faltarán otros 5 km; si una temperatura inicial de 8 ?C desciende 3 ?C, la temperatura final será de 5 ?C, etc. El día que se introducen los números negativos y el profesor escribe 3 - 8 = -5,

el niño puede tener dificultades para entender el significado del cálculo. En este caso, la temperatura le puede aportar una imagen intuitiva más eficaz que la distancia —concebir -5 -*C* facilita el aprendizaje del concepto, al lado de -5 km—. La mayoría de los niños están encantados de aprender matemáticas cuando se vincula su conocimiento a situaciones cotidianas y se resaltan sus aspectos divertidos, tal como ocurre cuando se adoptan programas curriculares basados en juegos interactivos que utilizan una gran variedad de materiales pedagógicos (Clements y Sarama, 2011). Y todo ello, antes del aprendizaje de los conceptos abstractos, que se irán adquiriendo de forma paulatina. Y no olvidemos la relevancia de la figura del adulto en este proceso. En un interesante estudio, se comprobó que el aprendizaje durante el curso escolar de niños de cuatro años mejoró ostensiblemente cuando el profesor hablaba continuamente sobre cuestiones numéricas (Klibanoff *et al.*, 2006).

Los números poseen un significado para nosotros, como lo tienen las palabras, y en los dos casos aprovechamos nuestras capacidades innatas para ir desarrollando esta comprensión. Nacer con este sentido numérico innato no nos convierte *per se* en excelentes matemáticos, pero sí que facilita el proceso de comprensión de las matemáticas. Y, por supuesto, a pesar de lo que en su día dijera Piaget, no hay ninguna necesidad de esperar hasta los siete años para que el niño reciba sus primeras enseñanzas sobre aritmética.

9.3 Arquitectura del aula

Uno de los grandes descubrimientos de la neurociencia en los últimos años ha sido demostrar las repercusiones directas de las emociones sobre el aprendizaje. Sabemos que generar un clima emocional positivo en el aula, por el cual los alumnos se sientan seguros y reconocidos, resulta imprescindible. Pero también lo es el entorno físico en el que se da el aprendizaje, dado que afecta a nuestro cerebro. La arquitectura y el diseño de los centros escolares reflejan su filosofía y condicionan su funcionamiento, por lo que no puede considerarse un factor secundario en el proceso de innovación educativa, que en absoluto se restringe a los contenidos curriculares.

En el contexto de los espacios de aprendizaje, también es necesario ser flexibles. Así pues, todo centro debería disponer de entornos específicos como estudios, talleres o laboratorios que fa-

ciliten tanto el trabajo individual como el cooperativo, e incluso una enseñanza más formal, pero siempre desde una perspectiva interdisciplinar que elimine la tradicional jerarquía de asignaturas. Junto a ello, aulas variadas en las que los alumnos puedan desarrollar diferentes tipos de tareas multisensoriales que les permitan moverse, manipular, compartir, jugar, explorar, contrastar o descubrir, porque así es como aprende nuestro cerebro. Y el proceso puede amplificarse si nos acercamos a la vida cotidiana, especialmente a través de entornos naturales. Cuando el alumno participa en este proceso de aproximación al mundo real, será más probable que mejore su sentido de pertenencia y que sienta que la escuela es su casa.

Consideremos, a continuación, algunos factores característicos de los entornos de aprendizaje que pueden influir en el bienestar personal y en el rendimiento académico de los alumnos:

9.3.1 Mobiliario

En el aula neurodidáctica lo verdaderamente importante no es lo que enseña el profesor, sino lo que aprenden los alumnos, lo cual requiere que el docente se convierta en un gestor y facilitador del aprendizaje y los alumnos, en protagonistas activos de él. Pero, tal como comentábamos en el capítulo anterior, esto choca con la tradicional distribución de sillas y mesas en filas y columnas orientadas hacia el profesor, que promueven una menor interacción y participación en contraste con lo que ocurre cuando están sentados en semicírculo, por ejemplo. En consonancia con esto, resulta imprescindible disponer del necesario mobiliario móvil. Y la movilidad no se limita al entorno propio de aprendizaje, porque se ha comprobado que los escritorios de pie, además de representar una magnífica forma de combatir los comportamientos sedentarios durante la jornada escolar, conllevan mejoras en pruebas que miden el funcionamiento ejecutivo y la memoria de trabajo de los alumnos (Mehta *et al.*, 2016). Como ya sabemos, el movimiento es bueno para el cerebro.

9.3.2 Iluminación

Iluminar de forma adecuada el aula con luz natural y posibilitar vistas externas puede mejorar la concentración del alumnado, ya que incide positivamente en su bienestar físico y emocional. En un estudio en el que participaron más de 21 000 estudiantes, se cons-

tataron los beneficios de la luz natural en su rendimiento académico. Aquellos que estudiaron con mayor iluminación obtuvieron, respecto a los alumnos que estudiaron en condiciones lumínicas más pobres, unos resultados un 20 % por encima de ellos en matemáticas, y un 26 % por encima en pruebas lectoras (Heschong Mahone Group, 1999). Los mismos investigadores corroboraron también los efectos negativos sobre el aprendizaje, derivados del deslumbramiento en las aulas que no disponían de persianas o filtros adecuados. Para cumplirlas condiciones de buena iluminación sin deslumbramiento, son muy útiles las ventanas grandes que no reciban directamente la luz solar, lo cual ocurre, en el hemisferio norte, cuando están orientadas hacia cualquier dirección que no sea el sur (Barret *et al.*, 2016). Y si los alumnos realizan las tareas académicas en aulas con ventanas abiertas que dan a espacios verdes, mejora su atención ejecutiva mientras las hacen (Li y Sullivan, 2016).

9.3.3 Temperatura y ventilación

Nuestro cerebro es muy sensible a la temperatura, y ello puede tener una repercusión tanto cognitiva como afectiva. Algunos estudios sugieren que un rango de temperatura ideal para favorecer el aprendizaje estaría entre los 20 ?C y los 23 ?C, aproximadamente, y que la humedad relativa debería rondar el 50 % (Lewinski, 2015). Relacionado con esto, un factor importante puede ser el control de las condiciones térmicas en el aula. De hecho, se ha constatado una mejora en los resultados de pruebas numéricas y lingüísticas llevadas a cabo por alumnos de entre diez y doce años cuando se reduce la temperatura de 25 ?C a 20 *C y aumenta la ventilación (Wargocki y Wyon, 2007). Aunque un exceso de ventilación puede perjudicar la salud de los más pequeños, sabemos que la mejora de la calidad del aire interior puede reducir ostensiblemente los efectos del asma que afecta a tantos millones de niños en el mundo (Mau, 2010), aspecto especialmente relevante si admitimos que pasan gran parte de su tiempo en espacios interiores. Además, conviene recordar que cuando la escuela está localizada en un entorno urbano, la exposición a la contaminación del aire procedente del tráfico puede perjudicar aún más el correcto desarrollo cognitivo de los niños, tal como ha demostrado un reciente estudio longitudinal en el que han participado 2618 niños de treinta y nueve escuelas de Barcelona (Basagaña *et al.*, 2016).

9.3.4 Sonido

La existencia de problemas acústicos asociados a la mala ubicación del aula compromete la atención del alumnado. El ruido afecta el desempeño en las tareas de los alumnos y su comportamiento en el aula. En el caso concreto de los más pequeños, puede perjudicar su atención visual, su escritura y su lectura, debido a su todavía incipiente desarrollo ejecutivo. En cuanto a los adolescentes, recuerdan menos la información cuando están expuestos a niveles sonoros que simulan situaciones cotidianas (Ferguson *et al.*, 2013). Ello sugiere la necesidad de disponer de entornos de aprendizaje específicos: unos que posibiliten una participación más activa de los alumnos — como en el trabajo cooperativo— y otros en los que se pueda realizar un trabajo de introspección, indicados para realizar tareas de reflexión personal, relajación o *Mindfulness,* que son tan importantes de cara a mejorar las funciones ejecutivas.

9.3.5 Color y decoración

Los estudios acerca de los efectos del color en los entornos de aprendizaje revelan sus efectos sobre las emociones y la fisiología de las personas que permanecen en ellos. Así, por ejemplo, colores fuertes, como el rojo, pueden excitar la actividad cerebral, y afectan en mayor medida a las personas introvertidas o a las que tienen un estado de ánimo negativo (Küller *et al., 2009).* En una investigación reciente, Barret y sus colaboradores (2015) han comprobado que combinar paredes blancas —o con colores claros— y el recurso con colores brillantes en accesorios como muebles o pantallas puede estimular el aprendizaje. No obstante, aunque la elección del color dependerá de la edad de los alumnos y de las necesidades de las tareas, siempre hay tonos alegres que podemos controlar y modificar en diversos elementos del aula —pósters, pantallas, etc.—, a fin de mejorar su estética y de fomentar un trabajo más creativo. Por lo que hace a la decoración general en el aula, parece ser que los efectos más beneficiosos sobre la atención y el aprendizaje se producen cuando existe un nivel de estimulación intermedio entre una decoración excesiva y una nula decoración.

Está claro que la escuela del siglo XXI ha de poder cubrir las necesidades educativas y sociales actuales. Un centro escolar ha de constituir una comunidad de aprendizaje que resulte acogedora y sostenible y que sea sensible a las necesidades individuales. El entorno físico en el que se da el aprendizaje es de capital impor-

tancia, porque tiene una incidencia directa sobre el bienestar y el rendimiento del alumno y del resto de integrantes de la comunidad educativa. Las aulas deberían convertirse en espacios flexibles que pudieran garantizar diferentes tipos de tareas y un aprendizaje activo en el cual el trabajo cooperativo, la incorporación de las tecnologías digitales y la vinculación al mundo real fueran componentes esenciales, y en donde, en definitiva, se integraran con naturalidad la educación física, la artística y la científica.

Porque cuando se produce este proceso colaborativo, que está en plena consonancia con los códigos de funcionamiento del cerebro humano, se estimula la curiosidad, la creatividad y el aprendizaje de los alumnos, que se convierten en personas más positivas y felices. Y es que la arquitectura del aula deja su huella en la arquitectura de nuestro cerebro.

9.4 Evaluar para aprender

¿Cuáles son los objetivos de la evaluación? ¿Cómo evaluamos? ¿Qué evaluamos? Es evidente que las respuestas a estas preguntas condicionaran el éxito de las metodologías utilizadas en el aula y los resultados obtenidos por el alumnado. Tradicionalmente, los profesores nos hemos centrado en transmitir de forma correcta la información, y no tanto en entender las causas por las que los alumnos no la comprenden. Pero si lo verdaderamente importante es el aprendizaje —especialmente el de las competencias—, hemos de disponer de una serie de actividades diversas que permitan identificar y analizar los errores cometidos con el fin de ir mejorando, porque es así como aprendemos. Y ese debería ser el auténtico objetivo de la evaluación: impulsar el aprendizaje a través de un proceso continuo.

En la escuela se dice que se evalúa mucho, pero no es así. Lo que realmente se hace es calificar mucho, especialmente mediante los exámenes tradicionales, lo cual suele tener una baja incidencia en el aprendizaje. La gran mayoría de los exámenes son pruebas homogéneas —las mismas para todos los alumnos—, memorísticas, descontextualizadas y no espaciadas en el tiempo, ya que suelen ser independientes. Todo ello ignora el proceso individual de desarrollo cerebral, que el cerebro aprende cometiendo errores y no memorizando respuestas, que el aprendizaje ha de vincularse al mundo real para que sea significativo y que constituye un proceso constructivista que requiere tiempo.

9.4.1 Diversificar la evaluación

En la práctica, no es que debamos eliminar la función calificadora de la evaluación, sino que, si queremos evaluar competencias y no conocimientos aislados, resulta más procedente plantear las tareas específicas —proyectos, problemas abiertos, simulaciones, exposiciones orales, etc.— en las que se apliquen las competencias identificadas, en consonancia con los objetivos de aprendizaje. Ello, fomentando en todo momento la reflexión y la transferencia de conocimientos a situaciones novedosas.

Los criterios de evaluación han de ser claros, y para que sean más objetivos han de utilizarse diversas formas de evaluación, una decisión que beneficia el aprendizaje del alumno (Crisp, 2012). Disponemos de modalidades que no se restringen al registro del resultado final del aprendizaje (evaluación suma- tiva) y que también involucran a los alumnos en el proceso. Por ejemplo:

—*Evaluación inicial.* Como nuestro cerebro aprende a través de la asociación de patrones a lo largo de un proceso constructivista, es imprescindible identificar los conocimientos previos del alumno. Esto se puede hacer, por ejemplo, a través de formularios, mapas conceptuales, debates, preguntas abiertas, rutinas de pensamiento, plataformas digitales como Answer-Garden, etc. Constituye el punto de partida antes de abordar un tema o una unidad didáctica, para poder adaptar la planificación prevista a la evolución de cada alumno.

—*Evaluación formativa.* Como cada cerebro es único, es fundamental tener en cuenta

las necesidades individuales. Ello requiere identificar los progresos y las dificultades del alumno en su proceso de aprendizaje, así como suministrar el tiempo y las oportunidades necesarias para que aprenda, que es de lo que se trata. Una herramienta de evaluación formativa muy útil es la rúbrica, un documento que describe distintos niveles de calidad de una tarea y que aporta al alumno un *feedback* informativo sobre el desarrollo y la ejecución del trabajo que realiza. Además, clarifica los objetivos de aprendizaje y los criterios de éxito, dos factores de gran incidencia en el rendimiento académico del alumnado. Y no olvidemos la utilidad de aplicaciones digitales como ClassDojo, EdPuzzle o Socrative a la hora de hacer de la evaluación un proceso más divertido.

—*Autoevaluación.* Aunque la evaluación la puede realizar solo el profesor, es muy importante que la comparta, porque el alumno es quien realmente puede detectar y corregir sus errores. Cuando el alumno se evalúa a partir de unos objetivos y criterios de evaluación consensuados colectivamente, desarrolla su capacidad para autorregularse y se fomenta su autonomía. Un instrumento muy útil para promover la autoevaluación y la reflexión es el portafolio, un dosier que recoge de forma sistemática y organizada sus trabajos durante una unidad didáctica o un curso académico. Otra es el contrato de evaluación, un compromiso consensuado entre profesores y alumnos que recoge los objetos y los criterios de evaluación.

—*Coevaluación.* En las aulas en las que se asume el trabajo cooperativo, la evaluación también la pueden realizar los propios compañeros. Ello resulta muy útil, dado que a menudo los alumnos conectan mejor con las necesidades de aprendizaje del compañero que el propio profesor, y ayudan a identificar los errores que cuestan más de reconocer al que los ha cometido. Por otra parte, el posible desacuerdo que se puede manifestar entre los compañeros favorece aún más la autoevaluación del que evalúa.

9.4.2 Evaluación formativa: la clave

Está claro que la evaluación no puede limitarse al final de una unidad didáctica, un curso o una etapa, porque se pierden oportunidades de aprendizaje. Y la obsesión por los resultados finales hace que los niños y los adolescentes no disfruten el proceso y vean los exámenes como pruebas descontextuali- zadas que simplemente han de superar al precio que sea. Sin embargo, cuando se asocia la evaluación a las tareas en el aula a través de proyectos, problemas, debates y muchas otras estrategias, como ocurre en la evaluación formativa, se pueden detectar las necesidades reales del alumno y proponer soluciones para mejorar su aprendizaje. Y para que la magia del proceso no se disipe, es necesario que exista el adecuado *feedback,* aquel que incide en el aprendizaje promoviendo la motivación y la autorregulación del alumno. Por ejemplo, cuando los profesores devuelven sistemáticamente los trabajos sin puntuarlos, pero con comentarios que destacan los aspectos positivos y aquellos que son mejorables, los resultados académicos de los alumnos mejoran, mientras que cuando se les devuelve el ejercicio

solo con una calificación, vaya o no acompañada de comentarios, no se produce ningún cambio (San- martí, 2007).

El *feedback* es crucial para el cerebro, en especial en la adolescencia, una etapa en la que se da una gran reorganización cerebral, tal como analizamos en el capítulo 1. En general, para que el *feedback* optimice el aprendizaje ha de ser claro, específico, centrado en la tarea y no en el alumno, y suministrado de forma frecuente e inmediata tras el desarrollo de la tarea, en el cual se han de reconocer tanto las fortalezas como las debilidades (Hattie, 2012). Y este proceso no se acaba en el docente, pues los alumnos pueden proporcionar/eedfcacfe a sus compañeros, así como recibirlo y aprovecharlo. Incluso hay casos en que lo realizan mejor los propios alumnos, como cuando evalúan el trabajo de sus compañeros de grupo.

Una forma de obtener un *feedback* preciso y de facilitar la autoevaluación es mediante las rúbricas, que son herramientas de evaluación muy neuroeducativas porque fomentan entornos de aprendizaje más previsibles y apropiados, lo cual disminuye el estrés entre el alumnado. El sistema límbico y el funcionamiento ejecutivo del cerebro agradecerán conocer unos criterios de evaluación bien especificados. De esta forma, el alumno podrá establecer la relación adecuada entre el desarrollo del trabajo y su actitud ante este que le garantice el éxito. De hecho, ya puede visualizarlo cuando el profesor le entrega la rúbrica al comienzo de la unidad didáctica, y sabemos que la visualización es un proceso de activación cerebral muy potente.

En concreto, las rúbricas analíticas son especialmente útiles para identificar las fortalezas y debilidades de los alumnos, obtener información detallada sobre su rendimiento, valorar diversas competencias o promover su autoevaluación. En ellas aparecen los criterios de evaluación y los grados de calidad, junto con las descripciones correspondientes (ver tabla 4), lo cual facilitará la adquisición de estándares y hará más objetivo el proceso de evaluación. Toda la información y el *feedback* suministrados, tanto a los alumnos como a los profesores, permitirá ir regulando los procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, cuando se realiza la autoevaluación por medio de una rúbrica, se promueve la metacognición, y su utilización fomenta el desarrollo del pensamiento crítico, sobre todo cuando los alumnos participan en su elaboración (Stevens y Levi, 2013). Una investigación reciente demues-

tra que cuando la rúbrica va acompañada no solo de información sobre la realización de la tarea, sino también de orientaciones específicas para mejorar el desempeño individual, se optimiza el *feedback* suministrado y mejora el aprendizaje del alumno (Wollenschläger *et al.*, 2016).

Tabla 4. Ejemplo de rúbrica en el contexto de matemáticas

Además de las rúbricas, otra herramienta de evaluación formativa imprescindible es el portafolio, una colección de trabajos del alumno que reflejan su esfuerzo, su progreso y sus logros en un área determinada. Según Klenowski (2007), el uso del portafolio constituye una necesidad educativa, porque promueve una nueva perspectiva sobre el aprendizaje, es un proceso en desarrollo, incorpora el análisis de los logros y el aprendizaje, requiere autoevaluación, promueve la toma de decisiones del estudiante y su reflexión sobre el trabajo e implica a los profesores como facilitadores del aprendizaje. Desde la perspectiva de la neuroeducación, es una estupenda forma de atender la diversidad en el aula dado que fomenta el desarrollo metacognitivo y está en consonancia con el proceso constructivista del aprendizaje. Y si utilizamos los recursos digitales para su realización (e-portafolio), en plataformas como

MyDocumenta o Evemote, por ejemplo, podremos asumir un enfoque multisensorial añadiendo contenido audiovisual que enriquecerá el proceso y fomentará la creatividad.

En general, en las investigaciones en tomo a la evaluación formativa se han identificado cinco requisitos fundamentales para que su implementación en el aula tenga una incidencia positiva sobre el aprendizaje (Heitink *et al.*, 2016). Son estos:

1. Clarificar y compartir los objetivos de aprendizaje y los criterios de éxito.
2. Obtener información clara sobre el aprendizaje del alumno mediante distintas formas de evaluación —sean formales o informales, como, por ejemplo, a través de debates en el aula, cuestionarios o tareas concretas de aprendizaje—.
3. Suministrar/eecfóacfe formativo a los alumnos para apoyar su aprendizaje.
4. Promover la enseñanza entre compañeros y la coevaluación.
5. Fomentar la autonomía del alumno en el aprendizaje a través de la autoevaluación y la autorregulación.

En la práctica, podemos cambiar qué enseñamos, cómo enseñamos y qué evaluamos. Pero lo trascendente no es garantizar la enseñanza, sino el aprendizaje de los alumnos. Ese debe ser el objetivo primordial de la evaluación.

9.5 Cerebros diferentes en el aula

Sabemos que las sinapsis se remodelan de forma continua en función de la experiencia vivida, como consecuencia de la neuroplasticidad. Este proceso hace que cada cerebro sea único y que cada niño o adolescente tenga un ritmo de maduración cerebral y un aprendizaje singulares. Junto a esto, las bases de datos de escáneres cerebrales revelan que la noción de *cerebro típico o normal* es un mito, porque lo que realmente predomina es todo tipo de anomalías funcionales y estructurales (Mazziotta *et al.*, 2009). Estos estudios sugieren que la excepcionalidad es la norma y que los alumnos considerados con capacidades y necesidades especiales, lejos de constituir un pequeño porcentaje dentro del grupo, son todo lo contrario, a diferencia de lo que se ha sostenido tradicionalmente.

9.5.1 Desterrando neuromitos

Atender la diversidad en el aula consiste en romper con los planteamientos clásicos que intentan ho- mogeneizar cada clase reuniendo alumnos de la misma edad, abordando la misma unidad,

haciendo los mismos ejercicios, resolviendo los mismos exámenes... Para que cada alumno progrese hacia los objetivos previstos conviene proporcionarle, de forma frecuente, situaciones de aprendizaje óptimas para él, gracias a las cuales se vaya generando la necesaria mentalidad de crecimiento. Con todo, ello no significa recurrir a una enseñanza individualizada en la que haya que hacer algo distinto para cada uno de los alumnos de la clase, lo cual resulta impracticable en el caso de los grupos numerosos, como tampoco se trata de aplicar modelos o teorías que carecen del más mínimo respaldo empírico.

Por ejemplo, en el ámbito educativo es muy popular el modelo de aprendizaje visual, auditivo y cinestésico, según el cual todos tenemos una modalidad sensorial preferida y podemos mejorar nuestro aprendizaje si aprendemos, o sea, si somos enseñados, sobre la base de dichas preferencias sensoriales. De esta forma, los alumnos visuales aprenderán mejor con diagramas o mapas, los auditivos lo harán a través de descripciones verbales, mientras que los cinestésicos optimizarán sus resultados manipulando objetos. Sin embargo, cuando se ha analizado el aprendizaje de estudiantes bajo distintas modalidades sensoriales se ha comprobado, entre otras cosas, que los alumnos «visuales» no aprenden mejor cuando los contenidos les llegan por medio de textos digitales en que predominan las imágenes, y que tampoco mejoran los «auditivos» si se les presentan los contenidos a través de audiolibros (Rogowski *et al.*, 2015). Nuestro cerebro es más efectivo cuando se combinan estrategias pedagógicas en las que intervienen distintos estímulos sensoriales, cosa que propicia una mayor interconectividad entre las diferentes regiones cerebrales que se activan durante el proceso.

Tampoco cuenta con el aval de la neurociencia la teoría de las inteligencias múltiples: ni existe el correlato neural de las inteligencias propuestas por Gardner—más que inteligencias, son talentos o capacidades, y no tienen por qué ser ocho—, ni pueden realizarse experimentos cuantitativos que evalúen los posibles beneficios de la teoría, dada la dificultad de aislar la influencia de las distintas inteligencias. ¿Podría producir beneficios la teoría de Gardner sobre el aprendizaje de los alumnos? Seguramente sí. De hecho, los estudios de Hattie (2009) demuestran que prácticamente todo lo que se hace en el aula incide, en mayor o menor medida, en el aprendizaje, pero no por las razones propuestas por

la teoría. Es más, no podemos considerar la teoría de las inteligencias múltiples de Gardner como una teoría científica —ahí radica el neuromito—, sino más bien como una herramienta educativa con el loable propósito de atender la diversidad en el aula, pero eso es una cuestión diferente.

9.5.2 Atendiendo la neurodiversidad

Que no haya evidencias empíricas que apoyen la teoría de las inteligencias múltiples o la de los estilos de aprendizaje no significa que debamos pensar que todos los alumnos son iguales y que aprenden de la misma manera. Cada alumno tiene sus capacidades, fortalezas, intereses, motivaciones y conocimientos previos, todo lo cual se ha de considerar a fin de atender de forma adecuada la diversidad en el aula. ¿Y cómo se hace esto en la práctica? Pues de acuerdo con las investigaciones de Tomlinson, una enseñanza diferenciada eficaz requiere de ciertas condiciones (Tomlinson y Murphy, 2015):

—Ofrece a cada alumno un entorno de aprendizaje positivo y seguro en el cual se suministran retos adecuados a las necesidades individuales.

—Suministra un currículo coherente y atractivo para el alumnado en el que aparecen objetivos de enseñanza y aprendizaje claros para todos.

—Utiliza una evaluación formativa continua para que tanto los alumnos como los profesores conozcan la situación de aprendizaje del alumno y las medidas que se han de tomar para seguir mejorándola.

—Combina la enseñanza global a toda la clase, la grupal y la individual para atender las diferencias en cuanto a aptitud, interés y necesidades de aprendizaje de los alumnos.

—Refleja una colaboración entre el profesor y los alumnos en la creación e implementa- ción de rutinas en el aula que sean eficaces y flexibles.

En este contexto, está especialmente indicado el trabajo por proyectos, sobre todo cuando los alumnos abordan cuestiones y problemas abiertos que permiten múltiples soluciones y pueden elegir cómo desarrollar y crear los productos. Cuando los alumnos cooperan en estos proyectos, resulta más fácil para el profesor identificar y gestionar las necesidades de aprendizaje, tanto indi-

viduales como grupa- les, así como proporcionar el *feedback* adecuado. Asimismo, la utilización de las tecnologías digitales puede facilitar el aprendizaje de los alumnos en una gran variedad de situaciones y actuar como mecanismo compensatorio ante muchas dificultades específicas (ver, por ejemplo, www.techmatrix.org).

En las aulas diferenciadas se crean nuevos espacios de aprendizaje, se priorizan los ritmos de aprendizaje de los alumnos por encima de los calendarios escolares —son excelentes muestras, aunque no las únicas, de flexibilidad y proactividad—, se coopera —colaboran alumnos de diferentes edades, profesores y familias—, se aprende de forma activa y se fomenta la autonomía del alumno al hacer que se responsabilice de su trabajo. No es una clase convencional que incorpora alumnos con necesidades específicas o con discapacidades, porque no existe el «cerebro normal», sino una clase en la que conviven y aprenden personas diferentes, sean cuales sean sus diferencias, sin excepción. Cuando se acepta la diversidad en el aula, se reconocen y aprovechan los puntos en común y las diferencias y se asume con naturalidad que podemos desenvolvemos bien en algunas materias y no tanto en otras. Muchos niños de las clases de educación especial muestran un rendimiento extraordinario en disciplinas que la escuela ha considerado como secundarias —relacionadas, por ejemplo, con el deporte, las artes o la naturaleza—, al tiempo que alumnos con altas capacidades en determinadas áreas pueden manifestar dificultades de aprendizaje significativas en otros campos (Sousa, 2016).

Cuando los alumnos forman parte de estas aulas inclusivas construyen un autoconcepto más positivo que aquellos que lo hacen en clases separadas. Ese tipo de exclusión social puede resultar especialmente dañino para algunos adolescentes al provocarles un elevado estrés negativo (Masten *et al.*, 2009). En la práctica, aunque siempre puede haber alumnos para los cuales es preciso encontrar recursos específicos —a veces, con apoyos externos—, no hay ninguna necesidad de excluirlos. Pero ello exige la necesaria formación del profesorado en educación inclusiva, así como asumir la cooperación entre todos los integrantes de la comunidad educativa como requisito indispensable para mejorar la inclusión. Más allá de las dificultades —que siempre las hay—, el esfuerzo vale la pena. En una verdadera *Escuela con Cerebro* todos los alumnos son bienvenidos y aprenden juntos siendo diferentes. Una auténtica necesidad educativa y social.

Conclusiones

«¿Por qué debe esperarse que cada maestro redescubra de inmediato y por su cuenta —por tanteos, sin sacar provecho de los estudios científicos existentes— aquello que a los investigadores les ha llevado décadas comprender?».

STANISLAS DEHAENE

La neuroeducación ha llegado para quedarse. No es una moda pasajera. El mundo educativo no puede ignorar cómo funciona el cerebro, un órgano de enorme complejidad que interviene en todas las funciones cognitivas y conductuales y que nos hace seres únicos. Porque cada día, en la escuela, millones de niños desarrollan y transforman sus cerebros en un profundo proceso de aprendizaje. Es cierto que, a diferencia de la pedagogía, la neurociencia es una disciplina muy reciente. Desde hace pocos años, ya no existe la necesidad de examinar el cerebro a través de las autopsias, dado que el desarrollo de la tecnología ha posibilitado el estudio de la actividad cerebral mediante diversos procedimientos experimentales, entre los cuales hay que resaltar el avance espectacular de las técnicas de neuroimagen. Y estas metodologías, junto con otras propias de las ciencias cognitivas, como las conductuales, se están utilizando cada vez más para analizar las implicaciones educativas del funcionamiento del cerebro. No es casualidad que el libro que tienes en tus manos incluya, entre el total de las referencias bibliográficas, más de doscientas citas que corresponden a estudios realizados esta misma década, y que casi la mitad de estos sean de los dos últimos años. Una parte considerable, como puedes comprobar en el apartado de referencias, han sido publicados en algunas de las revistas científicas más prestigiosas, como *Nature, PNAS (Proceedings ofthe National Academy of Sciences)* o *Science*. De hecho, en la actualidad existen publicaciones específicas sobre neuroeducación, como *Trends in Neuroscience and Education y Mind, Brain, and Education* (editada por la misma institución), en las que participan importantes investigadores. También, recientemente, la revista *Current Opinión in Behavioral Sciences* ha publicado el monográfico «Neuroscience of education» en su volumen 10 (en agosto de 2016), en que diversos

neurocientíficos, entre los cuales Goswami, Klingberg, Ansari y Howard-Jones, exponen sus investigaciones propias y los descubrimientos más relevantes relacionados con el aprendizaje de la lectura y de la aritmética; el desarrollo de las funciones ejecutivas y su incidencia en las disciplinas académicas; técnicas para optimizar la memoria; la implementación de juegos de aprendizaje en el aula, etc. E instituciones prestigiosas como la Universidad de Harvard o la Universidad Johns Hopkins están potenciando la investigación neuroeducativa a través de estudios de posgrado y máster.

Para los educadores resulta imprescindible identificar cuáles son las evidencias empíricas que provienen de la neurociencia y que tienen una utilidad práctica real. Ese es uno de los objetivos principales de este libro. Pero los experimentos prosiguen y nos continúan suministrando información útil que, además, puede actualizar y mejorar la ya conocida. Por este motivo, resulta necesaria la figura del neuroeducador. Con todo, a diferencia de lo que proponen algunos autores sobre la necesidad de que aparezca un nuevo profesional capaz de interpretar de forma adecuada el lenguaje propio utilizado por los neurocientíficos y sus correspondientes descubrimientos (Mora, 2013), creemos que de esto debería encargarse un profesor, lo cual probablemente inspiraría una mayor confianza entre el resto de compañeros. Eso sí, un profesor que pudiera servir de transmisor y enlace entre las prácticas y métodos particulares usados por los científicos en el laboratorio y los que utilizan los docentes en el aula.

Y si es importante interpretar de forma adecuada los descubrimientos científicos para alejamos de los neuromitos, también lo es fomentar en el aula una actitud crítica ante lo que se hace —otro de los grandes objetivos de este libro—. No nos debemos contentar con identificar las prácticas educativas con mayores evidencias empíricas, sino conocer las causas reales por las que funcionan y en qué contextos son útiles. Porque, en la práctica, en el aula nos encontramos con alumnos, todos ellos únicos y diferentes, con necesidades y motivaciones particulares. Se requiere adaptar y mejorar continuamente la enseñanza a través de la experimentación, porque nuestra percepción particular sobre lo que hacemos puede ser engañosa y porque existe, además, una tendencia natural de nuestro cerebro a no prestar atención a lo que contradice nuestras creencias previas —la llamada *disonancia cognitiva*—. Este sesgo

puede llevarnos a aceptar cualquier estudio que parezca confirmar la metodología que utilizamos, por muy deficientes que sean su procedimiento experimental o su análisis estadístico. Como propone el neurocientífico Stanislas Dehaene —ganador del prestigioso Brain Prize junto a Giacomo Rizzolatti, descubridor de las neuronas espejo—, se puede contrastar de forma empírica si el principio educativo que creemos adecuado funciona de forma eficiente en la práctica. Y no hemos de ser conformistas, puesto que, tal como hemos comentado en este libro, la gran mayoría de las estrategias educativas que se utilizan en el aula tienen una incidencia sobre el aprendizaje del alumnado. Con la ayuda de profesores entusiastas y maravillosos —que los hay, y muchos—, hemos podido poner en práctica en el aula ese proceso de experimentación que simula los procedimientos científicos y que se basa en la comparación rigurosa de la actuación de dos grupos de niños que han recibido una enseñanza idéntica en todos los aspectos, a excepción de un único factor, que es el que pretendemos evaluar. Contrastar los resultados de las pruebas previas a la intervención con los obtenidos tras esta nos puede suministrar información muy valiosa sobre cómo afecta el factor considerado en el aprendizaje de los alumnos. En eso consiste convertir el aula en un laboratorio y al profesor en un investigador de sus prácticas educativas o, mejor dicho, en alumno de su propia enseñanza. Y no es nada complicado, sobre todo cuando compartimos con naturalidad nuestras experiencias, algo que tendría que ser normal entre todas las personas que intervienen en el proceso educativo.

Sabemos muchas cosas sobre el cerebro, pero también es cierto que desconocemos otras muchas que, seguramente, iremos descubriendo en los próximos años. Esta perspectiva optimista nos permite disfrutar el presente en el que vivimos y visualizar un futuro esperanzador en el cual no faltarán nuevas preguntas ni la motivación por tratar de responderlas. La educación es una responsabilidad colectiva que podemos y debemos mejorar entre todos. Nuestros cerebros tremendamente plásticos y sociales garantizan la necesaria mejora evolutiva en la educación que hará de la vida una escuela feliz.

Referencias bibliográñcas

ABADZIH., MARTELLIM., y PRIMATTVO S. (2014). *Explorations of creativity. A review for educators and policy ma- king.* Wise Matters.

ABERG M. *et al.* (2009): «Cardiovascular fitness is associated with cognition in young adulthood». *PNAS,* 106(49), 20906-20911.

ACIEGO R, GARCÍA L., y BETANCORT M. (2012): «The benefits of chess for the intellectual and social-emotional enrichmentinschoolchildren». *TheSpanish Journal of Psychology,* 15(2), 551-559.

ADOLPHUS, K., LAWTON, C.L., y DYE, L. (2013): «The effects ofbreakfast on behavior and academic performance inchildrenand adolescents». *Frontiers in Human Neuroscience,* 7(425).

ADOLPHUS, K., LAWTON, C.L., y DYE, L. (2015): «The relationship between habitual breakfast consumptionfre- quency and academic performance in British adolescents». *Frontiers in Public Health,* 3(68).

ALONSO TAPIA, J. (2005). Motivaren *laescuela, motivaren lafamilia.* Madrid: Morata.

AMBADY, N., ROSENTHAL, R. (199 3): «Half minute: Predicting teacher evaluations from thin slices of nonverbal behavior and physical attractiveness».*Journal of Personality and Social Psychology,* 64(3), 431-441.

ANDERBERG R H. *etal.* (2016): «The stomach-derived hormone ghrelinincreasesimpulsive behavior». *Neuropsy- chopharmacology,41,*1199-1209.

ATHERTON M. *etal.* (2003): «A functional MRI study of high-level cognition. I. The game of chess». *Cognitive Brain*

Research, 16,26-31.

AUJ. *etal.* (2015): «Improving fluid intelligence with trainingon

workingmemory: a meta-analysis». *Psychono- micBulletin & Review*, 22(2), 366-377.

BAHRICK H. P. y PHELPS E. (1987): «Retention of Spanish vocabulary over eightyears»Journa/ *of Experimental Psychology: Leaming Memory and Cognition*, 13,344-349.

BAJOT., FERNÁNDEZ A., RUIZM. y GÓMEZ-ARIZAC. J. (2016): «Memoria: estructura y funciones». En *Mente y cerebro: de la psicología experimental a la neurociencia cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

BALLARINIF. *et al.* (2013): «Memory in elementary school children is improved by an unrelated novel experience».*PLoS One*, 8(6):e66875.

BALLARINI, F. (2015). REC: Por qué recordamos lo que recordamos y olvidamos lo que olvidamos. Buenos Aires: Sudamericana.

BARA F., GENTAZ E., y COLE P. (2007): «Haptics in leamingto read with children from low socio-economic status families». *British Journal of Developmental Psychology*, 25,643-663.

BARKLEY, R. (2016). *ManagingADHD in school: the bestevidence-based methodsfor teachers*. Eau Claire: PESI Publishing & Media.

BARRETT P S. *etal.* (2015): «The impactof classroom designonpupils' leaming: Final results ofaholistic, multi- level analysis». *Buildingand Environment*, 89,118-133.

BARRETT P. S. *et al.* (2016): «The Holistic impact of classroom spaces on leaming in specific subjects». *Envi ronmentand Behavior*, 1-27. SAGE Publications.

BARROS R. M., SILVER E. J., y STEIN R.E. (2009): «School recess and group classroom behavior». *Pediatrics*, 123, 431-436.

BARUK, S. (1985). *L'agedu capitaine. Del'erreur en mathématiques. Seuil.*

BASAG AÑA X. *et al.* (2016): «Neurodevelopmental deceleration by urban fine particles from different emission sources: a longitudinal observational study». *EnvironmentalHealth Perspectives,*

124(5).

BATLLE R. (2013a). *El aprendizaje-servicio en España. El contagio de una revolución pedagógica necesaria. Barcelona: PPC Editorial.*

BATLLE R. (2013b). *60 buenas prácticas de aprendizaje-servicio. Inventario de experiencias educativas con finalidad social. Guía práctica de Zerbikas, edición digital.*

BAUMEISTER, R. F., VOHS K. D., y TICE D. M. (2007): «The strength model of self-control». *CurrentDirections inPsy- chological Science,* 16(6), 351-355.

BAUMEISTER R. E, y VOHS K. D. (2016): «Strength model of self-regulation as limited resource: assessment, con- troversies, update ».*Advances in Experimental Social Psychology.* Disponible enlínea 9 mayo.

BAUMGARTNER S. E., WOUTER D. W., VAN DER HEIJDEN L.L., y HUITZINGA M. (2014): «The relationship bet- ween media muí ti tasking and executive functionin early adolescents». *The Journal of Early Adolescence,* 34(8), 1120-1144.

BEATY R. E. (2015): «The neuroscience of musical improvisation». Neuroscience and *BiobehavioralReviews,* 51, 108-117.

BEATY R. E. *etal.* (2015): «Defaultand executive networkcoupling supports Creative idea production». *Scientific Reports,* 5(10964), 17 Jun.

BEGUETTO R. A. (2013): «Nurturingcreativity in the micro-moments of the classroom». En *Creatively gifted stu- dents are notlikeothergifted students:research, theory, andpractice,* 3-16. Sense Publishers.

BEGHETTO R. A., y KAUFMAN J. C. (2014): «Classroom contexts for creativity». *High Ability Studies,* 25,53-69. BEGUETTO, R. A., KAUFMAN, J. C. y BAER, J. (2015). *Teachingfor creativity in the common core classroom.* New York: Teachers' College Press.

BERGMANN, J. y SAMS, A. (2014). *Dale la vuelta a tu clase: lleva tu clase a cada estudiante, en cualquier momento y cualquier lugar.* Ediciones SM.

BERMAN M. G., JONIDES J., y KAPLAN S. (2009): «The cognitive benefitsofinteractingwith nature». *Psychological Science,* 19,1207-1212.

BICK J., y NELSON C. A. (2016): «Early adverse experiences and the developingbrain». *Neuropsychopharmacology,* 41(1), 177-196.

BISQUERRA R., PÉREZ GONZÁLEZ J. C. y GARCÍA E. (2015). *Inteligencia emocional en educación.* Madrid: Síntesis. BLACKWELL L. S., TRZESNIEWSKIK. H., y DWECK C. S. (2007): «Implicittheories of intelligence predictachie- vement across an addescent transition: a longitudinal study and an intervention». *Ch i Id Development,* 78(1), 246-263.

BROWN, S. (2009). *¡A jugar!: La forma más efectiva de desarrollar el cerebro, enriquecer la imaginación y alegrar el alma.* Barcelona: Urano.

BRUNYÉ T. T. *et al.* (2013): «Happiness by association: breadth of free association influences affective states». *Cog- nition,* 127,93-98.

BUNCE D. M., FLENS E A., y NEILES K. Y. (2010): «How long can students pay attention in class? A study of student attentiondeclineusingclickers»JournaJo/CJiemica/£ducaíion,87,1438-1443.

BURGESS G. C., GRAYJ.R, CONWAY A.R, y BRAVERT.S. (2011): «Neural mechanismsof interference control underlie the relationship between fluid intelligence and working memory span». *TheJournal ofExperi mental Psy- chology: General,* 140(4), 674-692.

CAHILL P. L., ATALAHJ., SELWOOD A. I., y KUHAJEKJ. M. (2016): «Metamorphosis ofthe invasive ascidianCiona savignyi: environmental variables and chemical exposure». *PeerJ:* e 1739.

CARPENTER S. K. *et al.* (2012): «Using spacing to enhance diverse forms of leaming: review of recent research and implications for instruction». *Educational Psychology Revie* w, 24,369-378.

CARPENTER, S. K. (2014): «Spacing and interleaving of study and practice». En V. A. Benassi, C. E. Overson, y C. M. Hakala

(Eds.), *Applyingthescience of learningin education: infusingpsychologicalScience into the curriculum* (pp. 131-141). American Psychological Association.

CARSKADON M. A. (2011): «Sleep in adolescents: the perfect storm». *Pediatric Clinics ofNorth America,* 58(3), 637-647.

CASEY, B. J. *etal.* (2011): «Behavioral and neural correlates ofdelay ofgratification40 years later». *PNAS,* 108(36), 4998-5003.

CASTELLANOS F. X. *etal.* (2002): «Developmental trajectoriesofbrainvolume abnormalities inchildren and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder»./AMA, 288(14), 1740-1748.

CASTELLID. M. *etal. (2015). Active education:growingevidenceon physicalactivity and academicperformance.* Active Living Research.

CASTELLI F., FRITH C., HAPPÉ F., y FRITH U. (2002):«Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attributionof mental states toanimatedshapes». *Brain,* 125,1839-49.

CEPEDA N. J. *et al.* (2008): «Spacing effects in leaming: a temporal ridgeline of optimal retention». Psychological *Science,* 11,1095-1102.

CHADDOCK *L.etal.* (2010): «A neuroimaginginvestigation ofthe association between aerobic fitness, hippocam- pal volume, and memory performance inpreadolescentchildren». *Brain Research,* 1358,172-183.

CHADDOCK L. *et al.* (2013): «The effects of physical activity on functional MRI activation associated with cogni- tive control inchildren: a randomized controlled intervention». *Frontiers in Human Neuroscience, 7.*

CHECA P., RODRIGUEZ-BAILON R, y RUEDA M. R. (2008): «Neurocognitive and temperamental systems of self- regulationand early adolescents' school competence». *Mind, Brain and Education,* 2(4), 177-187.

CHIR. P. y SNYDER A. W. (2012): «Brain stimulation enables the solution of an inherently difficult problem». *Neuroscience Let-*

ters, 515, 121-124.

CHRISTIE J. F. y ROSKOS K. A. (2013): «Play'spotential inearly literacy development». *Encyclopedia on early child- hood development.* June.

CHUN M. M. y TURK-BROWNE N. B. (2007): «Interactionsbetweenattentionand memory». *CurrentOpinión in Neurobiology,* 17,177-184.

CLEMENTS D., y SARAMA J. (2011): «Early childhood mathematicsintervention». *Science,* 333,968-970.

CONBOY B. T., BROOKS R, MELTZOFF A. N., y KUHL P. K. (2015): «Social interaction in infante' leaming of second- language phonetics: anexplorationofbrain-behavior relations». *Developmental Neuropsychology,* 40(4), 216-229. COZOLINO, L.(2013). *The social neuroscience of education: optimizingattachment and learningin the classroom.* London: W. W. Norton & Company.

CRISP G. T. (2012): «Integrative assessment: reframing assessment practice for current and future leaming». *Assessment & Evaluation in Higher Education,* 37(1), 33-43.

CUMMING, J. y ELKINS, J. (1999): «Lackofautomaticity inthe basic addition facts as a characteristic ofarithmetic leamingproblems and instructional *needs*». *MathematicalCognition,* 5,149-180.

CUNNINGHAM A. E. y STANOVICH K. E. (1997): «Early readingacquisitionand its relationtoreadingexperience and ability 10 years later». *Developmental Psychology,* 33(6), 934-945.

CYRULNIK, B. (2013). *Los patitos feos. La resiliencia: una infancia infeliz no determina la vida.* Barcelona: Debolsillo.

DAMASIO, A. (2006).El error de Descartes: la emoción, la razón y el cerebro humano. Barcelona: Crítica.

DANNER D., SNOWDON D., y FRIESEN W. (2001): «Positive emotions inearly life and longevity: findings from the *nun study ». Journal ofPersonality and Social Psychology,* 80(5), 804-813.

DAUNCEY M. J. (2015): «Nutrition, genes, and neuroscience:

implications for development, health, and disease». *En Diet and exercisein cognitivefunction and neurologicaldiseases,* New Jersey, John Wiley & Sons.

DAVIDSON, R Y BEGLEY, S. (2012). El perfil emocional de tu cerebro: claves para modificar nuestras actitudes y reacciones. Barcelona: Destino.

DE HAAN, M. (2014): «Attention and executive control». En *EducationalNeuroscience.* Oxford, John Wiley & Sons. DEHAENE S. (2013): «Inside the letterbox: how literacy transforms the human brain». *Cerebrum,* June.

DEHAENE, S. (2015). *Aprender a leer: de las ciencias cognitivas al aula.* Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

DEHAENE, S. (2016). El cerebro matemático: Como nacen, viven y aveces mueren los números en nuestra mente. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.

DEHAENE S., PIAZZA M., PINEL P., y COHEN L. (2003): »Three parietal circuits for number processing». *Cognitive Neuropsychology,* 20(3), 487-506.

DEHAENE S. *etal.* (2010): «Why do children make mirror errorsinreading? Neural correlatesofmirror invariance inthe visual word form area». *Neuroimage,* 49(2), 183 7-1848.

DEHAENE S. *etal.* (2015): «Illiterate toliterate: behavioral and cerebral changes induced by reading acquisition». *Nature Review Neuroscience,* 16(4), 234-244.

DESLAURIERS L., SCHELEW E., y WIEMAN C. (2011): «Improved learningin a large-enrollmentphysics class». Science, 332,862-864.

DEVONSHIREI. M. *etal.* (2014): «Risk-based learninggamesimprove long-term retentionofinformationamong school pupils. *PLoSONE,* 9(7): el 03 640.

DIAMOND A. (2013): «Executive functions». *The Annual Review of Psychology,* 64,135-168.

DIAMOND A., y LING D. S. (2016): «Conclusions about interven-

tions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not». *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48.

DOLCOS S. *et al.* (2016): «Optimism and the brain: trait optimism mediates the protective role of the orbitofrontal cortex gray matter volume against anxiety ». *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(2), 263-71.

DUAN,X. *etal.* (2014): «Functional organizad onofintrinsic connectivity networks i n Chínese chessexperts». *Brain Research*, 1558,33-43.

DUNBARR. (2008): «Why humansaren'tjustgreatapes». *Issues in Ethnology and Anthropology*, 3(3), 15-33. DURLAK, J.A. *etal.* (2011): «The impactofenhancingstudents' social and emotional leaming: a meta-analysis of school-baseduniversal interventions». *ChildDevelopment*, 82,405-432.

DWECK, C. (2012). *Mindset:howyou canfulfilyourpotential.* London: Robinson.

DWORAK M., SCHIERL T., BRUNS T., y STRÜDER H. K. (2007): «Impact of singular excessive Computer game and televisiónexposure on sleep pattems and memory performance of school-aged children». *Pediatrics*, 120(5), 978-985.

EDWARDS F. (2012): «Early torise? The effect of daily start times on academic performance». *Economics of Education Review*, 31(6).

EISNER, E. W. (2004). El arte y la creación de la mente: El papel de las artes visuales en la transformación de la conciencia. Paidós.

ELBERTT. *etal.* (1995): «Increased cortical representationofthe fingers ofthe left hand in stringplayers». *Science*, 270(5234), 305-307.

ERICKSON K. *etal.* (2011): «Exercise trainingincreases size ofhippocampus and improves memory». *PNAS*, 108, 3017-3022.

ERICKSON K. I., HILLMAN C. H. y K RAMERA. F. (2015): «Physical activity, brain, and cognition». *Current Opinión in Behavio-*

ral Sciences, 4,27-32.

ERK, *S.etal.* (2003): «Emotional context modulates subsequent memory effect». *Neuroimage,* 18,439-447.

FELD G. B. y DIEKELMANN S. (2015): «Sleep smart-optimizing sleep for declarative leaming and memory». *Fron- tiers in Psychology,* 6:622.

FERGUSON K. T. *et al.* (2013): «The physical environment and child development An international review». *International Journal of Psychology,* 48(4), 437-468.

FERJAN RAMÍREZ N. *etal.* (2016): «Speech discrimination in 11 -month-old bilingual and mondingual infants: A magnetoencephalography study». *Developmental Science,* Apr 4,1 -16.

FINK A. *et al.* (2011): «Stimulating creativity via the exposure to other people's ideas». *Human Brain Mapping,* 33(11), 2603-2610.

FORÉS, A. Y LIGIOIZ, M. (2009). *Descubrirla neurodidáctica: aprender desde, en y para la vida.* Barcelona: UOC.

FORÉS, A. Y GRANÉ, J. (2012). *La resiliencia en entornos socioeducativos.* Madrid: Narcea.

FREDEMBACH B. *etal.* (2009): «Leaming ofarbitrary association between visual and auditory novel stimuli in adults: the 'bond effect' of haptic exploration». *PLoS One,* 4(3): e4844.

FREDRICKSON, B. (2009). *Positivity: Top-notch research reveáis the 3-to-l ratio thatwiUchcmgeyour life.* New York: Three Rivers Press.

FREEMAN S. *etal.* (2014): «Active leaming increases student performance in Science, engineering, and mathema- *Úcs».PNAS,* 111(23), 8410-8415.

FUHRM ANN D., KNOLL L. *J.,* y BL AKEMORE S. J. (2015):«Adolescence as a sensitive period of brain development». *Trends in Cognitive Sciences,* 19(10), 558-566.

GAIS *S.etal.* (2006): «Sleep after leaming aids memory recall». *Learningand Memory,* 13(3), 259-262. GATHERCOLE,

S.E.(2008): «Working memory in the classroom». *The Psychologist,* 21,382-385.

GAWRILOW C., GOLLWITZER P. M., y OETTINGEN G. (2011): «If-thenplansbenefitdelay ofgratification performance inchildren with and without ADHD». *Cognitive Therapy and Research,* 35,442-455.

GEAKEJ. (2008): «Neuromythologies ineducation». *EducationalResearch,* 50 (2), 123-133.

GIEDD J. N. (2009): «Linkingadolescent sleep, brain maturation, and behavior»Journa/ *of Adolescent Health,* 45(4), 319-320.

GIEDD J. N. *etal.* (2015): «Child psychiatry branch ofthe National Institute of Mental Health longitudinal structu- ral magnetic resonance imaging study of human brain development». *Neuropsychopharmacology,* 40(1), 43-49.

GILBERT, I. (2005). *Motivar para aprender en el aula. Las siete claves de la motivación escolar.* Madrid: Paidós.

GILLHAM J. E. *et al.* (2012): «Evaluation of a group cognitive-behavioral depression prevention program for young adolescents: a randomized effectiveness *tna\».* *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology,* 41(5), 621-39.

GILMORE C., MCCARTHY S. E., y SPELKE E. S. (2007): «Symbolic arithmetic knowledge without instruction». /tature, 447, 589-591.

GOETZ J. L., KELTNER D., y SIMON-THOMAS E. (2010): *«Compassion: an evolutionary analysis and empirical review». Psychological Bulletin, 136(3), 351-74.*

GÓMEZ-PINILLA F y HILLMAN C. (2013): «The influence of exercise on cognitive abilities». *Comprehensive Physiology, 3,403-428.*

GOMEZ-PINILLA F y TYAGIE. (2013): «Diet and cognition: interplay between cell metabolism and neuronal plas- ticity». *Current Opinión in Clinical Nutrition & Metabolic Care,* 16(6), 726-733.

GRACIA-BAFALLUY M., y NOEL M. P. (2008): «Does finger trai-

ning increase young children's numerical performance?» *Cortex,* 44(4), 368-75.

GRAY, P. (2013). *Freeto learn: why unleashingthe instincttoplay willmakeour children happier, moreself-reliant, and better students for life.* New York, Basic Books.

GREEN *C.S.y* BAVELIER D. (2015):« Action video game training for cognitive enhancement». *Current Opinión in Behavioral Sciences, 4,103-108.*

GREGORY E *.etal.* (2013): «Building Creative thinking in the classroom: from research to practice». *International Journal of Educational Research,* 62,43-50.

GRUBER M. J. *et al.* (2016):« Post-leaming hippocampal dynamics promote preferential retention of rewarding events». *Neuron, 89* (5), 1110-1120.

GUILLÉN J. C. (2015 a): «Y ¿si Piaget se equivocara con las matemáticas?». En *Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociencia,* 73-93. Barcelona: Plataforma Actual.

GUILLÉN J. C. (2015b):«*Mindfulness* en el aula». Escuela con Cerebro: https:// escuelaconcerebro.wordpress.com/2015/06/04/ Aíind/ufrigss-en-el-aul a/

GUILLÉN J. C. (2015c): «La gimnasia cerebral». En *Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociencia* 183-199. Barcelona, Plataforma Editorial.

GUILLÉN J. C. (2015 d): «¿Qué materias son las importantes?» En *Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociencia* 17-34. Barcelona: Plataforma Actual.

HAIMOVITZ K., y DWECK C. S. (2016):«What predicts children's fixed and growth intelligence mind-sets? Not their parents' views of intelligence but their parents' views of foilure». *Psychological Science,* 27(6), 859-869. HAMLIN J. K. (2015): «The case for social evaluation in preverbal infants: gazing toward one's goal drives infants' preferences for helpersover hinderers in the hill paradigm». *Frontiers in Psychology,* 5(1563).

HARDMAN R. J. *et al.* (2016):«Adherence to a mediterra-

nean-style diet and effects on cognition in adults: a quali- tative evaluation and systematic review of longitudinal and prospective triáis». *Frontiers in Nutrition,* 3(22). HARTH. *etal.* (2013): «Meta-analysis off MRI studies of inhibitionand attention in ADHD: Exploring task-specific, stimulant medication and age effects»./ AMA *Psychiatry,* 70,185-198.

HASZ, L.A. y LAMPORT, M.A. (2012): «Breakfast and adolescent academic performance: ananalytical review of recent research». *European Journal of Business and Social Sciences,* 1,61-79.

HATTIE, J. (2009). *Visible learning. A synthesis ofover 800 meta-analyses relatingto achievement. New York: Routledge.*

HATTIE, J. (2012). *Visible learningfor teachers. Maximizing impacton leaming. New York: Routledge.*

HATTIE J. (2015): «The applicability ofvisible leaming tohigher education». *Scholarship of Teachingand Learning in Psychology,* 1(1), 79-91.

HEINRICH H., *et al.* eds. (2016). *Neurofeedback in ADHD.* Lausanne: Frontiers Media.

HEITINK M.˜Ç. *et al.* (2016): «A systematic review of prerequisites for implementing assessment for leaming in classroom practice». *Educational Research Review,* 17,50-62.

HEPACH R., HABERL K., LAMBERTS. y TOMASELLOM. (2016): «Toddlers help anonymously». *Infancy,* 1-16. HERCUL ANOHOUZEL S. (2012): «The remarkable, yet not extraordinary, human brain as a scaled-up primate brain and its associated cost». PMAS, 109(1), 10661-10668.

HESCHONG MAHONE GROUP (1999). *Daylightingin schools.* Fair Oaks, CA: Pacific Gas and Electric.

HILLMAN C. *etal.* (2009): «The effectofacute treadmill walkingoncognitive control and academic achievement

inpreadolescent children». *Neuroscience,* 159,1044-1054.

HILLMAN C. *etal.* (2014): «Effectsofthe FITKidsrandomizedcontrolled trial onexecutive control and brain fun- ction». *Pediatrics,*

134(4), 1063-1071.

HOLPER L. *et al.* (2013): «The teaching and the leaming brain: a cortical hemodynamic marker of teacher-student interaction-sinthe socratic dialog». *Internationaljournalof EducationalResearch,* 59,1-10.

HÓLZEL B. *et al.* (2011):«*Mindfulness* practice leads to increases in regional brain gray matter density». *Psy- chiatry Research: Neuroimaging,* 191,36-43.

HONG J. C. *etal.* (2009): «Playfulness-based designineducational games: a perspective on an e volutionary contest game». *Interactive LearningEnvironments,* 17(1), 15-35.

HOWARD JONES P. (2011). *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: délos contextos a la práctica. Madrid: La Muralla.*

HOWARD-JONES P. (2014a): «Neuroscience and education: myths and messages». Nature Reviews Neuroscience, 15,817-824.

HOWARD-JONES P. (2014b). *Neuroscience and education: a review of educational interventions and approaches in- formed by neuroscience.* London: Education Endowment Foundation.

HOWARD-JONES P. y DEMETRIOU S. (2009): «Uncertainty and engagement with leaming games». Instructional Science, 37(6), 519-536.

HOWARD-JONES P., JAY T., MASON A., y JONES H. (2016): «Gamification of leaming deactivates the defáult mode *network». Frontiers in Psychology, 6 (1891).*

HYATT K. J. (2007): «Brain Gym: building stronger brains or wishful thinking?» *Remedial and Special Education,* 28(2), 117-124.

ILICETO P. *etal.* (2015): «Brain emotion systems, personality, hopelessness, self/other perception, and gambling cognition: a structural equation model». *Journal ofGambli ngStudies,* April 18,1-13.

IMMORDINO-YANG, M. H. y DAMASIO, A. R. (2007): «We feel, therefore we leam: the relevance of affective and social neuros-

cience to education». *Mind, Brain and Education,* 1(1), 3-10.

IMMORDINO-YANG M. H., CHRISTODOULOU J. A., y SINGH V. (2012): «Rest is not idleness: implications of the brain's defáult mode for human development and education». *Perspectives on PsychologicalScience,* 7(4), 352-364. INFORME FUNDACIÓN BOTÍN (2008). *Educación emocional y social. Análisis internacional.* Santander: Fundación Marcelino Botín.

JENSEN, E. (2008). *Brain-based learning: the new paradigm of teaching. London: Corwin.*

JOHNSON D. W., y JOHNSON R T. (2014): «Usingtechnology to revolutionize cooperative leaming: an opinion». *Frontiers in Psychology,* 5(1156).

JOHNSON D. W., JOHNSON R T., ROSETH C.}., y SHIN T. S. (2014): «The relationship between motivation and *achievementi-ninterdependent situaúons». Journal of Applied Social Psychology,* 44,622-633.

JOHNSON D. W., y ROGER JOHNSON R T. (2016): «Cooperative learning and teaching citizenship indemocracies». *International Journal of Educational Research,* 76,162-177.

JOHNSON S. B., BLUM R W., M.D., y GIEDD J. N. (2009): «Adolescent maturity and the brain: the promise and pit- fálls of neuroscience research in adolescent health polic *y». Journal of Adolescent Health,* 45(3), 216-221. JUNG-BEEMAN M. *et al.* (2004): «Neural activity when people solve verbal problems with insight». *Pios Biobgy,* 2(4), 500-510.

KABAT-ZINN,J. (2013). *Mindfulness para principiantes.* Barcelona: Kairós.

KAMIJOK. *etal.* (2011): «The effectsofanafterschool physical activity programon workingmemory inpreadoles- cent children. *Developmental Science,* 14,1046-1058.

KANDEL, E. (2007). *En busca de la memoria: el nacimiento de una nueva ciencia de la mente.* Madrid: Katz.

KAPLER, I. V., WESTON, T., y WISEHEART, M. (2015): «Spacing in a simulated undergraduate classroom: long- term benefits

for factual and higher-level leaming». *Leaming and Instruction,* 36,38-45.

KARPICKE J. D .*etal.* (2009): «Metacognitive strategiesinstudent leaming: do students practise retrieval when they study on their own ?» *Memory,* 17(4), 471-479.

KARPICKE J. D. y BLUNTJ. R. (201 l)>Retrieval practice produces more leaming thanelaborative study ing with conceptmapping».Science, 331, 772-775.

KARPICKE J. D., BLUNTJ. R., y SMITH M. A. (2016):« Retrieval-based leaming: positive effects of retrieval practice inelementary school children». *Frontiers in Psychology,* 7(350).

KAUFMAN, S. B. Y GREGOIRE, C. (2016). *Wired to Create: discover the 10 thingsgreat artists, w riters and innovators do differently. London: Vermilion.*

KHAN N. A. (2015): «The relationship between total water intake and cognitive control amongprepubertal children». *Annals of Nutrition & Metabolism,* 66(3), 38-41.

KLENOWSKI, V. (2007). *Desarrollo de portafolios para el aprendizaje y la evaluación. Madrid: Narcea.*

KLIBANOFF R S. *etal.* (2006): «Preschool children's mathematical knowledge: The effectofteacher 'math talk*». *Developmental Psychology,* 42,59-69.

KONTRA C., LYONS D. J., FISCHER S. M., y BEILOCK S. L. (2015): «Physical experience enhances Science leaming». *Psychological Science,* 26(6), 737-749.

KOUNIOS J. y BEEMAN M. (2009) «The Aha! Moment the cognitive neuroscience of insight *Current Directions in Psychological Science,* 18(4), 210-216.

KOUNIOS, J. y BEEMAN, M. (2015). *The eureka factor:Creative insights and the brain.* William Heinemann. KUBESCH S. *etal.* (2009): «A 30-minute physical education program improves students' executive attention». *Mind, Brain, and Education, 3,*235-242.

KUCIAN K. *etal.* (2011): «Mental number Une training inchildren with developmental dyscalculia». *Neurolmage,* 57,782-795.

KUHL P. K. (2010): «Brain mechanisms in early language acquisition». *Neuron Revie* w, 67,713-727.

KÜHN *S.etal.* (2014): «PlayingSuper Mario induces structural brain plasticity: gray matter changesresulting from training with a commercial video *gume». Molecular Psychiatry,* 19,265-271.

KÜLLER R. *etal.* (2009): «Color, arousal, and performance. A comparison of three experiments». *Color Research*

Application, 34(2), 141-152.

LAKES K. D. y HOYT W. T. (2004): «Promoting self-regulation through school-based martial arts training». *Applied Developmental Psychology,* 25,283-302.

LANTIERIL. Y ZAKRZEWSKIV. (2015): «How SEL and *Mindfulness* Can WorkTogether»: http://greatergood.berkelev.edu/article/item/

how social emotional leaming and *Mindfulness* can work together

LARMERJ., MERGENDOLLERJ., y BOSS S. (2015). *Setting the standard for project based learning: a proven approach to rigorous classroom instruction. Alexandria: ASCD.*

LENROOTR.,y GIEDDJ. N. (2010): »Sexdifferencesinthe adolescentbrain». *Brain and Cognition,* 72(1), 46-55. LEWINSKIR (2015): «Effects of classrooms' architecture on academic performance in view of telic versus parate- lic motivation: a review». *Frontiers in Psychology,* 6(746).

LI D.,y SULLIVAN W. C. (2016): «Impactofviewstoschool landscapes onrecovery from stress and mental fatigue». *Landscapeand Urban Planning,* 148,149-158.

LIEBERMAN, M. D. (2013). *Social: why our brains arewired to connect.* Oxford: Oxford University Press.

LINTON D. L., FARMERJ. K., y PETERSON E. (2014): «Is Peer Interaction Necessary for Optimal Active Leaming?» *CB Life*

Sciences Educati on, 13,243-252.

LOH K. K. y KANAIR. (2014): «Higher media multi-tasking activity is associated with smaller gray-matter den- sity inthe anterior cingulate cortex». *PLoS ONE*, 9(9): e 106698.

LÓPEZ-CASSÁ ÉLIA (2013). *Educar las emociones en la infancia (deOaó años). Reflexiones y propuestas prácticas. Madrid: Wolters Kluwer.*

LUYCKX K. *etal.* (2011): «Parentingand trajectories ofchildren'smaladaptive behaviors: a 12-year prospective community study . *Journal ofClinical Child & Adolescent Psychology*, 40(3), 468-478.

LYYTINEN H. *et al.* (2015): «Dyslexia—Early identification and prevention: highlights from the Jy váskylá Longitudinal Study of Dyslexia». *Current Developmental Disorders Reports*, 2(4), 330-338.

MA J. K., LE MARE L., y GURD B: J. (2015): «Four minutes of in-class high-intensity interval activity improves se- lectiveattentioning-to 11 -year olds». *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 40,238-244.

MAGISTRETTIP. J., y ALL AM AN I. (2015): «A cellular perspective on brain energy metabolism and functional imaging». *Neuron*, 86(4), 883-901.

MAGUIRE E. A. *etal.* (2000): «Navigation-related structural change inthe hippocampi oftaxi drivers». *PNAS*, 97(8), 4398-4403.

MALON E Y J. E., LAWLORM. S., SCHONERT-REICHL K. A., y WHITEHEADJ. (2016): «AMi'nd/u/ness-based social and emotional leaming curriculum for school-aged children: the MindUPProgram». En *Handbook of Mindfulness in education:integratingtheory and research intopractice*. Edited by Schonert-Reichl K. A., Roeser R. W. Springer. MANDER B. A. *etal.* (2011): «Wake deterioraron and sleep restorationof human leaming». *Current B i ology*, 21(5), 183-184.

MARINA, J. A. Y PELLICER, C. (2015). *La inteligencia que apren-*

de. Madrid: Santillana.

MASENTO N. A. (2014): «Effects of hydration status on cognitive performance and mood». *British Journal ofNutr i - tion* 111(10), 1841-1852.

MASTEN C. L. *etal.* (2009): «Neural correlates of social exclusión duringadolescence: understandingthe distress ofpeer rejection». *Social Cognitive and Affective Neuroscience,* 4(2), 143-57.

MAU, BRUCE (2010). *The third teacher: 79 waysyou can use design to transform teaching&Learning. New York: Harry N. Abrams, Inc.*

MAZUR, E. (2009): «Farewell, Lecture?» *Science,* 323, 50-51.

MAZZIOTTA J. C. *etal.* (2009): «The Myth ofthe normal, average human brain—The ICBM experience: (1) subject screening and eligibility». *Neuroimage,* 44(3), 914-922.

MCTIGHE, J. y WIGGINS, G. (2013). *Essential questions: openingdoors to studentunderstanding.* Alexandria: Association for Supervisión and Curriculum Development

MEEUSEN R (2014): «Exercise, nutrition and the brain». *Sports Medicine,* 44(1), 47-56.

MEHR S. A. (2015): «Miscommunication of Science: music cognition research in the popular press». *Frontiers in Psychology,* 6, Article 988.

MEHTA R K., SHORTZA. E., y BENDEN M. E. (2016): «Standingup for learning: a pilot investigation on the neu- rocognitive benefits of stand-biased school desks». *InternationalJournal of Environmental Research and Public Health,* 13(1), 59.

MERKLEY R., y ANSARID. (2016): «Why numerical symbols count inthe development of mathematical skills:

evidence from brain and behavior«. *Current Opinión in Behavioral Sciences,* 10,14-20.

MILLS K. L. *et al.* (2014): «The developmental mismatch in structural brain maturation during adolescence». *Developmental Neu-*

roscience, 36,147-160.

MILNER, B. (2009): «Early clues tothe cerebral organizad on of memory». *Balzan Prizewinners Interdiciplinary Forum,* 19-28.

MISCHEL, W. (2015). *El test de la golosina: cómo entender y manejar el autocontrol.* Barcelona: Debate. MONTGOMERY R *et al.* (2013): «Low blood long chain omega-3 fátty acids in UK children are associated with poor cognitive performance and behavior: a cross-sectional analysis from the DOLAB study». *PLoS One,* 8(6).

MORA, F. (2013). Neuroeducación: sólo se puede aprender aquello que se ama. Madrid: Alianza Editorial.

MORGADO, I. (2014). *Aprender, recordar y olvidar. Claves cerebrales déla enseñanza eficaz.* Barcelona: Ariel.

MOSER, J. S. *etal.* (2011): «Mindyour errors: evidence for a neural mechanismlinkinggrowthmind-settoadaptive posterror adjustments».Psyc7io/qgícaí*Science,* 22(12), 1484-1489.

MÜLLER V., SÁNGER J., y LINDENBERGER U. (2013): «Intra- and inter-brain sy nchronization during musical im- provisationonthe guitar». *PLoS One,* 8(9): e73852.

MURRAY R, y RAMSTETTER C. (2013): «The crucial role of recess in school». *Pediatrics,* 131,183-188. NAKAMURA K. *etal.* (2012): «Universal brain systems for recognizing word shapes and handwriting ge stures during reading».PWAS, 109(50), 20762-20767.

NEWPORT E. L., BAVELIER D., y NEVILLE H.J. (2001): «Critical thinkingaboutcritical periods: perspectives on a critical period for language acquisiüon». En *Language, Brain, and Cognitive Development:Essays in Honor ofjac- ques Mehler,* E. Dupoux, (ed), 481-502. Cambridge, MA: MIT Press.

NOBLE K. G. *etal.* (2015): «Family income, parental education and brain structure in children and adolescents». *Nature Neuroscience,* 18(5), 773-778.

NOLEN-HOEKSEMA S., GIRGUS J. S., y SELIGMAN M. E. (1986): «Leamed helplessness in children: a longitudinal study of depression, achievement and explanatory style». *Journal of Personality and Social Psychology,* 51, 435-442.

OAKLEY, B. (2014). *A mindfor numbers: how to excelat math and science (even ifyou flunked algebra).* New York, Penguin Group.

OBERAUER K. (2003): «Understanding serial position curves in short-term recognition and *reca.ll». Journal of Memory and Language,* 49(4), 469-483.

OBERLE E., y SCHONERT-REICHL K. A. (2016): «Stress contagioninthe classroom? The linkbetween classroom teacher bumout and momingcortisol inelementary school students». Socia/ *Science Medicine,* 159,30-37. OJANEN E. *et al.* (2015): «GraphoGame - a catalyst for multi-level promotion of literacy in diverse contexts». *Frontiers in Psychology,* 6(671), June.

ONARHEIM B. y FRIIS-OLIVARIUS M. (2013): «Applying the neuroscience of creativity to creativity training». *Frontiers in Human Neuroscience,* 7(656).

OPHIR E., NASS C., y WAGNER A. D. (2009): «Cognitive control in media multitaskers». *PNAS,* 106,15583-15587.

ORTIZ, T. (2009). *Neurocienciay educación.* Madrid: Alianza Editorial.

ORZECH K. M., GRANDNER M. A., ROANE B. M., y CARSKADON M. A. (2016): «Digital media use in the 2 h before bedtime is associated with sleep variables inuniversity students». *Computers in Human Behavior,* 5 5,43-50. OWENS, J. A., BELON, K., y MOSS, P. (2010): «Impactofdelaying school starttime onadolescent sleep, mood, and behavior». *Archives of Pediatrics & AdolescentMedicine,* 164,608-614.

PALOS J. (2015): «Los proyectos de aprendizaje servicio siguen etapas bien establecidas y han de estar abiertos a cambios imprevistos». En i i *ideas clave. ¿Cómo realizar un proyecto de aprendizaje servicio?* PuigJ. M. (coord.). Barcelona: Grao.

PARK D. *et al.* (2016): «Young children's motivational frameworks and math achievement relation to teacher re- portedinstructionalpractices,butnot teacher theory ofintelligence»Journa/ *of Educational Psychology,* 108(3), 300-313.

PASCUAL-LEONE A. (2015): «Cómo guiar el cambio del cerebro

a lo largo de la vida: promoviendo la salud cerebral». Conferencia organizada por el Instituto Guttmann en Barcelona: http s: // www.voutub e .com/watch?v=P4tvi 5 h8 Cg

PASCUAL-LEONE A., AMEDI A., FREGNIF., y MERABETM. L. (2005): «The plástic human brain cortex». Annua/ *Review of Neuroscience,* 28,377-401.

PENG P, y MILLER A. C. (2016): «Does attention training work? A selective meta-analysis to explore the effects of attention training and moderators». *Learningand Individual Differenees,* 45,77-87.

PEREIRA A. *etal.* (2007): «Anin vivocorrelate of exercise-induced neurogenesis inthe adultdentate gyrus». *PNAS,* 104,5638-5643.

PÉREZ-GONZÁLEZ, J.,y PENA, M. (2011): «Construyendo la ciencia de la educación emocional». *Padres y Maestros,* 342,32-35.

PERKINSON-GLOOR, N., LEMOLA, S., y GROB, A. (2013): «Sleep duration, positive attitude toward life, and academic achievement The role ofdaytime tiredness, behavioral persistence, and school starttimes»./ourna/*ofAdo- lescence,* 36,311-318.

PETERSEN S. E. y POSNERM. I. (2012): »The attention system ofthe human brain: 20 yearsafter». *AnnualReview of Neuroscience,* 35(1), 73-89.

POH M. Z., SWENSON N. C., y PICARD R. W. (2010): «A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity». *IEEE Transactions on BiomedicalEngineering,* 57(5), 1243-1252.

POSNERM. I., ROTHBARTM. K., y TANG Y. Y. (2015): «Enhancing attention through training». *Current Opinión in Behavioral Sciences,* 4,1-5.

PRENSKY, M. (2011). *Enseñar a nativos digitales.* Ediciones SM.

PRIETO, A., DÍAZ, D., y SANTIAGO, R. (2014). *Metodologías inductivas: el desafío de enseñar mediante el cuestionamiento y los retos. Digital Text.*

PUJOLAS, P. (2008). *Nueve ideas clave. El aprendizaje coopera-*

tivo. Barcelona: Graó.

PUJOLAS P. (2012): «Aulas inclusivas y aprendizaje cooperativo». *Educatio sigloXXI*, 30(1), 89-112.

RAMACHANDRAN, V. S. (2012). *Lo que el cerebro nos dice: los misterios de la mente humana al descubierto. Barcelona: Paidós.*

RAMIREZG., y BEILOCK S. L. (2011): «Writingabouttestingworries boosts exam performance inthe classroom». *Science,* 331,211-213.

RAMÍREZ-ESPARZA N., GARCÍA-SIERRA A., y KUHL P. K. (2014): «Look who's talking: speech style and social con- text in language input to infants are linked to concurrent and fiiture speech development». *Developmental Science,* 17(6), 880-891.

RAMSDEN, *S.etal.* (2011): «Verbal and non-verbal intelligence changes inthe teenage brain». *Nature,* 479, 113-116.

RASBERRYC. *etal.* (2011): «The associationbetween school-based physical activity, includingphysical education, and academic performance: a systematic review ofthe literature. *PreventiveMedicine,* 52, S10-S20.

RATEY, J. J. y HAGERMAN, E. (2010). *Spark. How exercise will improve the performance ofyour brain. London: Quercus.*

RAWSON, K. A., VAUGHN, K. E., y CARPENTER, S. K. (2015): «Does the benefitoftestingdepend onlag, and if so, why? Evaluatingthe elaborative retrieval hypothesis». *Memory & Cognition,* 43(4), 619-633.

REIKERÁS E., MOSER T., y ToNNESSEN F. E. (2015): «Mathematical skills and motor life skills in toddlers: do differences in mathematical skills reflect differences in motor skills?» *Early Childhood Education Research Journal.* Publicado en línea, 24 de julio.

PEREIRA A. *etal.* (2007): «Anin vivocorrelate of exercise-induced neurogenesis inthe adultdentate gyrus». *PNAS,* 104,5638-5643.

PÉREZ-GONZÁLEZ, J.,y PENA, M. (2011): «Construyendo la ciencia de la educación emocional». *Padres y Maestros,*

342,32-35.

PERKINSON-GLOOR, N., LEMOLA, S., y GROB, A. (2013): «Sleep duration, positive attitude toward life, and acade- mic achievement The role ofdaytime tiredness, behavioral persistence, and school starttimes»Journa/*ofAdo- lescence,* 36,311-318.

PETERSEN S. E. y POSNERM. I. (2012): »The attention system ofthe human brain: 20 yearsafter». *AnnualReview of Neuroscience,* 35(1), 73-89.

POH M. Z., SWENSON N. C., y PICARD R W. (2010): «A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity». *IEEE Transactions on Biomedical Engineering,* 57(5), 1243-1252.

POSNERM. I., ROTHBARTM. K., y TANG Y. Y. (2015): «Enhancing attention through training». *Current Opinión in Behavioral Sciences,* 4,1-5.

PRENSKY, M. (2011). *Enseñar a nativos digitales.* Ediciones SM.

PRIETO, A., DÍAZ, D., y SANTIAGO, R (2014). *Metodologías inductivas: el desafío de enseñar mediante el cuestionamiento y los retos.* Digital Text.

PUJOLAS, P. (2008). *Nueve ideas clave. El aprendizaje cooperativo.* Barcelona: Graó.

PUJOLAS P. (2012): «Aulas inclusivas y aprendizaje cooperativo». *Educatio siglo XXI,* 30(1), 89-112.

RAMACHANDRAN, V. S. (2012). *Lo que el cerebro nos dice: los misterios de la mente humana al descubierto.* Barcelona: Paidós.

RAMIREZG., y BEILOCK S. L. (2011): «Writingabouttestingworries boosts exam performance inthe classroom». *Science,* 331,211-213.

RAMÍREZ-ESPARZA N., GARCÍA-SIERRA A., y KUHL P. K. (2014): «Look who's talking speech style and social con- text in language input to infants are linked to concurrent and fiiture speech development». *Developmental Science,* 17(6), 880-891.

RAMSDEN, *S.etal.* (2011): «Verbal and non-verbal intelligence changes inthe teenage brain». *Nature,* 479, 113-116.

RASBERRYC. *etal.* (2011): «The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review ofthe literature. *PreventiveMedicine,* 52, S10-S20.

RATEY, J. J. y HAGERMAN, E. (2010). *Spark'.How exercise will improve the performance ofyour brain. London: Quercus.*

RAWSON, K. A., VAUGHN, K. E., y CARPENTER, S. K. (2015): «Does the benefitoftestingdepend onlag, and if so, why? Evaluatingthe elaborative retrieval hypothesis». *Memory & Cognition,* 43(4), 619-633.

REIKERÁS E., MOSER T., y ToNNESSEN F. E. (2015): «Mathematical skills and motor life skills in toddlers: do differences in mathematical skills reflect differences in motor skills?» *Early Childhood Education Research Journal.* Publicado en línea, 24 de julio.

RIBEIRO, S., y STICKGOLD, R. (2014): «Sleep and school education». *Trends in Neuroscience and Education,* 3, 18-23.

RIPOLLO. (2015): «Camp Base: Qué ési que noésundisseny educatiugamificat?» Fundaciójaume Bofill: Camp Base: Qué ési que noésundissenv educatiu gamificat?

ROBERTS G. *et al.* (2016): «Academic outcomes 2 years after working memory training for children with low wor- king memory: a randomized clinical trial»./AMA *Pediatrics,* 170(5): el 54568.

ROEDIGERIIIH. y PYC M. A. (2012): «Inexpensive techniques to improve education: applying cognitive psychology toenhance educational practice»Journa/ *of Applied Research in Memory and Cognition,* 1,242-248. ROGOWSKY B. A., CALHOUN, B. M., y TALLAL P. (2015): «Matching leaming style to instmctional method: effects on compre *hemion». Journal of Educational Psychology,* 107(1), 64-78.

ROHRER, D., DEDRICK, R. F., y STERSHIC, S. (2015): «Interleavedpractice improves mathematics learning» Jour- *nal of Educa-*

tional Psychology, 107(3), 900-908.

ROMOM., BENLLIURE V., y SÁNCHEZ M.J. (2016): «El test de creatividad infantil (TCI): evaluando la creatividad mediante una tarea de encontrar problemas». *Psicología Educativa:* http://dx.doi.org/10.1016/j.pse.2016.01.005 ROSETH C., JOHNSON D. y JOHNSON R. (2008): «Promoting early adolescents' achievement and peer relations- hips: the effects of cooperative, competitive, and individualistic goal structures». *Psychological Bulletin,* 134(2), 223-246.

RUBIA K. *et al.* (2014): «Effects of stimulants on brain function in attention-deficit/hy peractivity disorder: a syste- matic review and meta-analysis». *BiologicalPsychiatry,* 76(8), 616-628.

RUEDA M. R. *et al.* (2005): «Training maturation and genetic influences on the development of executive attention». *PNAS,* 102,14931-14936.

RUEDA M. R., CHECA P., y COMBITA L. M (2012): «Enhanced efficiency of the executive attention network after training inpreschod children: immediate and after twomonth effects». *DevelopmentalCognitive Neuroscience,* 2, 192-204.

RUEDA M.ª R., DEFIOR S., PAZ-ALONSO P. M., y ARNEDO M. (2016): «Neurociencia cognitiva del desarrollo». En *Mente y cerebro: de la psicología experimentóla la neurociencia cognitiva.* Madrid: Alianza Editorial.

SALIMPOOR V. N. *et al.* (2015): «Predictions and the brain: how musical sounds become rewarding». *Trends in Cognitive Sciences,* 19(2), 86-91.

SANMARTÍ, N. (2007). 10 ideas clave. Evaluar para aprender. Barcelona: Graó.

SAPOLSKY R. M. (2015): «Stress and the brain: individual variability and the inverted-U». *Nature Neuroscience,* 18(10), 1344-1346.

SCHACTER, D.L. y SZPUNAR, K.K. (2015): «Enhancing attention and memory during video-recorded lectures». *Scholarshipof Teaching and Learningin Psychology,* 1(1), 60-71.

SCHELL J., LUKOFF B., y MAZUR E. (2013): «Catalyzing leamer engagement usingcutting-edge classroom response systems inhigher education». En *Increasingstudent engagement and retention usingclassroom technologies: classroom response systems and mediated discourse technologies,* 233-261, Bingley: Emerald.

SCHREIBMAN L. *etal.* (2015): «Naturalistic developmental behavioral interventions: empirically validated treat- mentsfor autism *spectrum disorder». Journal of Autism and DevelopmentalDisorders,* 45(8), 2411-28.

SCHULTZ W. (2010): «Dopamine signáis for reward valué and risk: basic and recent data». *Behavioral and Brain Functions,* 6(24), 1-9.

SELIGM AN, M. (19 9 8). *Aprenda optimismo: haga de la vida una experiencia maravillosa.* Barcelona: Grijalbo. SELIGMAN, M. (2011). *La vida que florece.* Barcelona: Ediciones B.

SHANAHAN T. y LONIGAN C. J. (2010): «The National Early Literacy Panel: a summary ofthe process and the *repon». EducationalResearcher,* 39(4), 279-285.

SHAYWITZ-B. A. *etal.* (2004):« Development of leftoccipitotemporal systems for skilled readinginchildrenafter a phonologically-based intervention». *BiologicalPsychiatry,* 55(9), 926-933.

SHIRTCLIFF E. A. *etal.* (2012): «Longitudinal stability and developmental properties of salivary cortisol levels and circadianrhythms from childhood toadolescence». *DevelopmentalPsychobiology,* 54(5), 493-502.

SIBLEY B. y ETNIER J. (2003): «The relationship between physical activity and cognition inchildren: a meta- analysis». *Pediatric Exercise Science,* 15,243-256.

SIGMAN, M. (2015). *La vida secreta déla mente: nuestro cerebro cuando decidimos, sentimos y pensamos.* Buenos Aires: Debate.

SILVA K., CHEIN *J.,* y STEINBERG L. (2016):«Adolescents in peer groups make more prudent decisions when a slightly older adultis present». *Psychological Science,* 27(3), 322-330.

SILVERMAN M. H., JEDD K., y LUCIANA M. (2015): «Neural

networks involved in adolescent reward processing: an activation likelihood estimation meta-analysis of functional neuroimagingstudies». *Neuroimage,* 122,427-439. SIOU. N. y ORMEROD T. C. (2009): «Does incubationenhance problem-solving? A metaanalytic review». *Psychological Bulletin,* 135,94-120.

SMALL G. W., MOODY T. D., SIDDARTH P., y BOOKHEIMER S. Y. (2009): «Your brain on Google: pattems of cerebral activation during internet searching». *The American Journal ofGeriatric Psychiatry,* 17(2), 116-126.

SMITH B. L., HOLLIDAY W. G., y AUSTIN H. W. (2010): «Students1 compre hensionof Science textbooksusinga question-based reading strategy». *Journal of Research in Science Teaching,* 47,363-379.

SOHLBERG M. M. *etal* (2000): «Evaluation of attention process training and brain injury education inpersons withacquired brain injury»Journa/ *of Clinical and Experimental Neuropsychology,* 22(5), 656-676.

SOUSA, D. A. (2011). How *the brain learns.* Thousand Oaks: Corwin.

SOUSA, D. A. (2016). How *the special needs brain learns.* Thousand Oaks: Corwin.

SPAULDING, L. S., MOSTERT, M. P. y BEAM, A. P. (2010): «Is BrainGym (R) aneffective educational intervention? *Exceptionality,* 18,18-30,

SPITZER, M. (2005). *Aprendizaje: neurocienciay la escuela de la vida.* Barcelona: Omega.

STADLER C. *et al.* (2010): «Peer-victimization and mental health problems in adolescents: are parental and school support protective?» *Child Psychiatry and Human Development,* 41(4), 371-386.

STAHL A. E., y FEIGENSON L. (2015): «Cognitive development. Observingthe unexpected enhances infants' learningand exploration». *Science,* 348(6230), 91-94.

STALLEN M., y SANFEY A. G. (2015): «Cooperation in the brain: neuroscientific contributions to theory and po- licy». *Current Opi-*

rd processing: an a *Behavioral Sciences*, 3,117-121.
functional neuroi
OU. N. y ORMER BERG L. (2014). *Age ofopportunity:Lessonsfrom the new*
oblem-solving? A *e of adolescence*. Nueva York Houghton Mifflin Harcourt.
135,94-120.
KUEHLER C. y SQUIRE K. (2012): «Videogames and Lear-
H P., y BOOKHEI in *Cambridge handbook of the learningscien- ces*. New
ms of cerebral ac Cambridge University Press.
can Journal ofG ENS, D. D., LEVI, A. J. (2012). *Introduction to rubrics.an*
sment tool to savegradingtime, convey effective feedback,
romote student learning. Sterling: Stylus Publishing.
IN H. W. (2010) ENSON C. E .*etal*. (2014): «Training Creative cognition:
oksusinga questi scence as a flexible period for improvingcreati- vity». *Fron-*
h in Science Tec in Human Neuroscience, 8(827).
n of attention PHTERJ. P. *etal*. (2009): «Assessingteacher use ofopportuni-
ns withacquired respond and effective classroom manage- ment strategies.
tal Neuropsych parisons among high- and low-riskelementary school *s»*.
nal of Positive Behavior Inter - ventions, 11(2), 68-81.
ns. Thousand LIANOU M. *et al*. (2016): «Before-schod running/walking
: effects on student on-task behavior». *Preven- tiveMedicine-*
brain learns. T orts, 3,196-202.
BRAMANIAM K. *etal*. (2009): «Abrainmechanism for facili-
M, A. P. (2010) onof insight by positive *zñect»*. *Journal of Cognitive Neuros-*
ition? *Excepti* nce, 21(3), 415-432.
/ARTZ, R. J. etal. (2013). *El aprendizaje basado en el pensa-*
ay la escuela a ento: cómo desarrollar en los alumnos las competencias del
lo XXI. Ediciones SM.
nd mental he ANG G. *et al*. (2014): «Loss of mTOR-dependent macroautopha-
support prote causes autistic-like sy naptic pruning déficits». *Neuron*, 83(5),
41(4), 371-3 31-1143.
e developme AYLOR A.F. y KUO F.E. (2009): «Children with attention défi-
ngand explo its concéntrate better after walk in the park». Journal of Atten-
ion Disorders, 12,402-409.
n in the brai TAYLOR A. F. y KUO F.E. (2011): «Could exposure toeveryday
. *Current Op* reen spaces help treat ADHD? Evidence from chil- dren's play se-

ttings». *Applied Psychology:Health and Well-Being,* 3,281-303.

TEMPLE E. *et al.* (2003): «Neural déficits in children with dyslexia ameliorated by behavioral remediation: Evidence from functional MRI». *PNAS,* 100(5), 2860-2865.

TIERNEY A. L., y NELSON C. A. (2009): «Brain development and the role ofexperience inthe early years». *Zero Three,* 30(2), 9-13.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2010). *The ne w Science of teachingand learning: usingthebestofmind, brain, and education Science in the classroom. New York Columbia University TeachersCollege Press.*

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2014). *Makingclasrooms better: 50practicalapplications ofmind, brain and education Science. New York Norton.*

TOMASELLO, M. (2010). *¿Por* gué cooperamos? Barcelona: Katz.

TOMLINSON, C. A. y MURPHY, M. (2015). *Leadingfor d ifferen tiation :grow i ng teach ers whogrow kids.* Alexandria: ASCD.

TONONI, G.r y CIRELLI, C. (2014): «Sleep and the Price ofplasticity: from synaptic and cellular homeostasis to memory consolidation and integration». *Neuron,* 81,12-34.

TOURÓN, J., SANTIAGO, R. y DÍEZ, A. (2014). *The Flipped Classroom: cómo convertirla escuela en un espacio de aprendizaje.* Digital Text

TRAVLOS A. K. (2010): «High intensity physical education classes and cognitive performance ineighth grade students: anapplied *study». Internationaljournalof Sport and Exercise Psychology,* 8(3), 302-311.

TRINCHERO R (2013): «Can chess training improve Pisa scores in mathematics? An experiment in Italian primary school». Paris: Kasparov Chess Foundation Europe.

VALL ADOLID-ACEBESI. *et al.* (2012): «High-fat diets induce changes in hippocampal glutamate metabolism and *neuiotransmission». American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism,* 302,396-402.

VAN DER OORD S., BÓGELS S. M., y PEIJNENBURG D. (2012): «The effectiveness of *Mindfulness* training for children with ADHD and mindful parenting for *xheir paxents*». *Journal of Child and Family Studies,* 21,139-147.

VAN GEEL M., VEDDER P., y TANILON J. (2014): «Relationship between peer victimization, cyberbullying, and suicide inchildrenand adolescents: a meta-analysis». *The Journal of the American Medical Association Pediatrics,* 168(5), 435-442.

VAN PRAAG H., FLESHNERM., SCHWARTZM. W., y MATTSON M. P. (2014): «Exercise, energy intake, glucose homeostasis, and the brain». *The Journal of Neuroscience,* 34(46), 15139-15149.

VERDINE B. N., GOLINKOFF R. M., HIRSH-PASEK K., y NEWCOMBE N. S. (2014): «Findingthe missingpiece: blocks, puzzles, and shapes fuel school readiness». *Trends in Neuroscience and Education,* 3(1), 7-13.

VOLKOW N. *D.etaJ.* (2011): «Motivadon déficit in ADHD is associated with dysfunctionofthe dopamine reward pathway». *Molecular Psychiatry,* 16(11), 1147-54.

WABER, D-P *et al.*(2014): «Impaired IQand academic skills in adults who experienced moderate to severe infantile malnutrition: A 40 - year study». *Nutritional Neuroscience,* 17,58-64.

WAGNERU. *etal.* (2004): «Sleep inspires insight». *Nature,* 427,352-355.

WAHLSTROM K. (2002): «Changingtimes: findings from the first longitudinal study of later high school star times». *NASSPBulletin,* 86(633), 3-21.

WANG J.J., ODIC D., HALBERDAJ., y FEIGENSON L. (2016): «Changingthe precisión ofpreschoolers' approximate number system representations changes their symbolic math *performance*». *Journal of Experimental Child Psychology,* 147,82-99.

WARGOCKIP. y WYON D. P. (2007): «The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ven- tilationrateon the performance ofschodworkby children». *HVAC&R Research,* 13(2), 193-220.

WARNEKEN F., y TOMASELLOM. (2013): «The emergence of contingentreciprocity in young children» Jou rnaí *of Experimental Child Psychology,* 116,338-350.

WEISSBERG R P., DURLAK J. A., DOMITROVICH C. E., y GULLOTTA T. P. (2015): «Social and emotional learning past, present, and future». En *Handbookof Social and Emotional Learning: Research and Practice.* Edited by Joseph A. Durlak, Celene E. Domitrovich, Roger R Weissberg, and Thomas R Gullotta. New York: Guilfbrd.

WHITE E. J. *etal.* (2013): «Leaming, neural plasticity and sensitive periods: implications for language acquisition, music trainingand transfer acrossthe lifespan». *Frontiers in Systems Neuroscience* 7(90).

WHITTON, N. (2014). Digital gomes and learning: research and theory. New York, Roudedge.

WIETHM. B. y ZACKS R. T. (2011): «Time ofday effects onproblem-solving: whenthe non-optimal isoptimal». *Thinking&Reasoning,* 17(4), 387-401.

WILHELMJ. *etal.* (2011): «Sleep selectively enhances memory expected tobe of future relevance». *The Journal of Neuroscience,* 31(5), 1563-1569.

WILLINGHAM, D. (2011). *¿Por qué a los niños no les gusta ir a la escuela? Las respuestas de un neurocientífico al funcionamiento de la mente y sus consecuencias en el aula.* Barcelona: Graó.

WILSON A. J., DEHAENE S., DUBOIS O., y FAYOL M. (2009): «Effects of an adaptive game intervention on accessing number sense inlow-socioeconomic-status kindergarten children». Mi'nd, *Brain, and Education,* 3(4), 224-234. WILSON K. y KORN J. H. (2007): «Attention duringlectures: beyond ten minutes». *Teachingof Psychology,* 34, 85-89.

WILSON T. D. *etal.* (2014): «Justthink: the challengesofthe disengaged mind». *Science,* 345(6192), 75-77.

WINNERE., GOLDSTEIN T. y VINCENT-LANCRIN S. (2014). *¿El arte por el arte? La influencia de la educación artística.* Ciudad

de México: Instituto Politécnico Nacional.

WINTER B. *etal.* (2007): «High impact runningimproves learning». *Neurobiology of Leaming and Memory, 87,* 597-609.

WOLLENSCHLÁGER M. *et al.* (2016): «What makes rubrics effective in teacher-feedback? Transparency of learning goalsis not enough». *Contemporary Educational Psychology,* 44-45,1-11.

WONG R. M. F., LAWSON M. J., y KEEVES J. (2002): «The effects of self-explanationtrainingonstudents' problem solvinginhigh-school mathematics». *Learningand Instruction,* 12,233-262.

WYNN K. (1992): «Additionand substractionby human infants». *Nature,* 358,749-750.

Yazzie-Mintz, E. (2010). *Chartingthepath from engagementto achievement:A reporton the 2009 High School Survey of Student Engagement. Bloomington, IN: Center for Evaluation and Education Policy.*

YEAGERD. S. *etal.* (2014): «Boringbutimportant aself-transcendentpurpose for leaming fosters academic self- regulation». *Journal of Personality and Social Psychology,* 107(4), 559-580.

YLINEN S. y KUJALA T. (2015): «Neuroscience illuminatingthe influence of auditory or phonological intervention onlanguage-related déficits». *Frontiers in Psychology,* 6(137), February.

ZABALA, A. y ARNAU, L. (2014). *Métodos para la enseñanza de las competencias.* Barcelona: Graó.

Según el prestigioso neurocientífico Stanislas Dehaene, de las ciencias cognitivas al aula solo hay un pequeño paso por dar. Pero este requiere analizar con espíritu crítico las estrategias educativas que utilizamos a fin de que podamos entender por qué pueden, o no, resultar útiles. Y este es el objetivo de la neuroeducación: valerse de las investigaciones científicas sobre el cerebro para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

¿Influyen las emociones en el aprendizaje? ¿Es posible mejorar la atención? ¿Cómo podemos hacer un uso adecuado de la memoria? ¿Si jugamos, aprendemos? ¿Son importantes las artes en la educación? ¿Es necesario apostar por un aprendizaje activo? ¿Necesitamos cooperar?

Basándose en los conocimientos científicos más recientes, Jesús C. Guillén te propone una nueva mirada educativa sobre estas y otras muchas cuestiones, en la cual se considera esencial atender las necesidades emocionales, sociales y físicas de todos los niños y adolescentes y aprender desde y para la vida. Porque, efectivamente, una nueva educación es posible y necesaria.

¿Brindas por el cambio?

Jesús C. Guillén es profesor del posgrado «Neuroeducación: aprender con todo nuestro potencial» de la Universidad de Barcelona y del Máster de Neurodidáctica de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid. Es coautor del libro ***Neuromitos en educación: el aprendizaje desde la neurociencia*** y autor del blog sobre neuroeducación «Escuela con Cerebro», que cuenta con más de tres millones de visitas. Tiene más de quince años de experiencia en la enseñanza de las ciencias a adolescentes.

9 781548 138295